



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 19 175 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:
B 23 Q 1/70

②1 Aktenzeichen: 101 19 175.8
②2 Anmeldetag: 10. 4. 2001
④3 Offenlegungstag: 17. 10. 2002

DE 101 19 175 A 1

⑦1 Anmelder:
Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH, 72622
Nürtingen, DE

⑦4 Vertreter:
Jackisch-Kohl und Kollegen, 70469 Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstücken sowie Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken unter Verwendung einer solchen Vorrichtung
- ⑤7 Die Vorrichtung hat ein Gestell, an dem wenigstens ein Spindelkopf mit einer Arbeitsspindel in zumindest einer Richtung verstellbar gelagert ist.
Damit nach Maßgabe der spezifischen Fertigungsaufgabe wahlweise ein serieller, paralleler und alternierender Bearbeitungsmodus der Werkstücke ermöglicht und das Lösungsfeld aus Produktivität und Flexibilität der Fertigung in vorteilhafter Weise erschlossen wird, ist die Längsachse der Arbeitsspindel in einem Bereich von etwa $\pm 50^\circ$ zur Horizontalebene hängend am Gestell angeordnet. Das Werkstück wird abwechselnd durch je ein Werkzeug von wenigstens zwei Arbeitsspindeln bearbeitet. Die Vorrichtung und das Verfahren werden vorteilhaft bei Bearbeitungszentren eingesetzt.

DE 101 19 175 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstücken nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie ein Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken unter Verwendung einer solchen Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 73.

[0002] Bei Planung und Betrieb von Fertigungseinrichtungen bestimmt das Werkstück-Mengengerüst die Organisationsform, z. B. Werkstätten-, Gruppen- oder Fließfertigung. Jede dieser Organisationsformen weist unterschiedliche Aufbauprinzipien, Systemkenngrößen und Bearbeitungseigenschaften auf.

[0003] Mit Einführung der NC-Bearbeitungszentren konnte die Typenvielfalt der Werkzeugmaschinen deutlich reduziert werden. Die Beherrschung der Werkstück-Losstückzahlen und -Losfrequenzen, insbesondere bei kleineren Losstückzahlen und größeren Losfrequenzen, bleibt eine anspruchsvolle Aufgabe, deren Bedeutung durch den Trend zu immer kürzeren Innovationszyklen und Produktlebensdauern noch unterstrichen wird.

[0004] Im einfachsten Fall einer Fertigungsaufgabe an der Kapazitätsgrenze einer Maschine muß über die Anschaffung einer oder zweier Maschinen entschieden werden. Die relative Höhe dieser Sprungfunktion, die die erforderliche Investition schlagartig um 100% erhöht und die Wirtschaftlichkeit der Fertigung stark beeinflußt, hat zur Suche nach Alternativen geführt.

[0005] Eine dieser Alternativen sind Mehrspindel-Bearbeitungszentren. Auf einem Spindelkopf werden mehrere Werkstücke mit mehreren Arbeitsspindeln gleichzeitig bearbeitet. Das geschieht in einer Stückzeit und bedeutet somit eine Vervielfachung der Ausbringung. Nachteilig ist hierbei, daß nur gleiche Teile bearbeitet werden können, die in ihren Abmessungen innerhalb des Spindelabstands von z. B. 250 mm liegen. Außerdem ist nur die Bearbeitung auf Umschlag (180°) sinnvoll möglich. Die Werkzeuge in den Spindeln müssen zur Erzielung guter Ergebnisse in den Abmessungen identisch sein. Bei Werkstücken mit hoher Genauigkeit ist das eine nur sehr schwer erfüllbare Forderung. Es werden mehrere komplette Werkzeugsätze benötigt, was entsprechend hohe Investitionskosten für die Bearbeitung eines Werkstücks bzw. einer Teilefamilie bedeutet.

[0006] Es sind auch Bearbeitungszentren mit Mehrspindelkopf-Wechsler bekannt. Diese Maschinen wurden als Bindeglied zwischen kleineren Losgrößen und der Serienproduktion mit hohen Stückzahlen konzipiert. Der Nachteil liegt in der beschränkten Flexibilität gegenüber dem Werkstückspektrum.

[0007] Es gibt ferner Bearbeitungszentren mit gemeinsamem Werkzeugmagazin. Durch die autarken Bearbeitungseinheiten ist die gleichzeitige Bearbeitung von zwei gleichen oder ungleichen Werkstücken möglich. Das gemeinsame Werkzeugmagazin für mehrere Bearbeitungseinheiten macht eine gewisse Reduzierung der Werkzeuganzahl möglich. Bei simultaner Ausführung derselben Arbeitsoperation müssen jedoch nach wie vor mehrere identische Werkzeuge gespeichert werden. Bei den sehr kurzen Einsatzzeiten der Werkzeuge, vor allem bei der Leichtmetall-Bearbeitung, kann es zu Wartezeiten wegen des nicht unerheblichen Zeitbedarfs zum Werkzeugwechsel kommen.

[0008] Bei Bearbeitungszentren mit alternierendem Spindeleinsatz bearbeiten in der Regel zwei Bearbeitungseinheiten wechselseitig dasselbe Werkstück und versorgen sich aus einem gemeinsamen oder getrennten Werkzeugmagazin. Derartige Maschinen zeigen WO 96/23613 und DE 199 20 224. Da jeweils immer nur eine Arbeitsspindel am Werkstück in Eingriff ist, wird die Produktivität durch

Reduzierung der Span-zu-Span-Zeit gegenüber der Einspindelmaschine nur in denjenigen Fällen gesteigert, in denen sehr häufige Werkzeugwechsel anfallen. Die Problematik von Werkzeugeinsatzzeiten, die kürzer sind als Werkzeugwechselzeiten, bleibt bestehen und wird sich durch den zunehmenden Einsatz von sog. near-net-shape Rohlingen, vor allem in Leichtmetall, in Zukunft noch verschärfen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, die nach Maßgabe der spezifischen Fertigungsaufgabe wahlweise serien-, parallelen und alternierenden Bearbeitungsmodus der Werkstücke ermöglicht und das Lösungsfeld aus Produktivität und Flexibilität der Fertigung in vorteilhafte Weise erschließt.

[0010] Diese Aufgabe wird bei der gattungsgemäßen Vorrichtung erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 73 gelöst.

[0011] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt die Längsachse der Arbeitsspindel in einem Bereich von etwa $\pm 50^\circ$ zur Horizontalebene hängend am Gestell. Die Werkstücke können darum mit hoher Genauigkeit bearbeitet werden, ohne daß hierzu ein konstruktiver Aufwand notwendig ist.

[0012] Vorteilhaft ist das Werkstück auf einem Werkstückträger angeordnet, der um eine vorzugsweise numerisch gesteuerte Drehachse drehbar am Gestell angeordnet ist. Das Werkstück kann darum sehr einfach an den erforderlichen Seiten bearbeitet werden.

[0013] Vorteilhaft ist das Werkstück auf einem Werkstückträger angeordnet, der um zwei zueinander senkrechte, vorzugsweise numerisch gesteuerte Rotationsachsen drehbar ist. Dadurch ist eine optimale Bearbeitung der Werkstücke gewährleistet.

[0014] Die Vorrichtung gemäß Anspruch 31 hat ein als Monoblock ausgebildetes Gestell. Dadurch entfallen Fügeverbindungen zwischen den verschiedenen Baugruppenträgern, wie Maschinenbett, Ständer und Joch. Dadurch werden sowohl die Kosten für die Fertigung der entsprechenden Schnittstellen eingespart als auch die Genauigkeitsverluste für die unvermeidlichen Toleranzen der Fügepartner eliminiert, da alle Funktionsflächen in einer Aufspannung gefertigt werden. Außerdem ergibt sich ein reduzierter Montageaufwand, da viele Leitungen und Kanäle für Hydraulik, Pneumatik, Kühlschmierstoff und Elektrik nicht nachträglich installiert werden müssen, sondern bereits im Monoblock vorgesehen sind.

[0015] Die kompakte Ausführung des Monoblocks erlaubt eine Aufstellung der Maschine in der Weise, daß das Gestell in drei Punkten nach unten abgestützt ist. Dadurch werden statisch und dynamisch eindeutige Kraftflüsse sowie eine einfache, schnell und reproduzierbare Aufstellung der Vorrichtung sowohl im Herstellerwerk als auch beim Kunden ermöglicht.

[0016] Vorteilhaft weist das Gestell im Bereich unterhalb der Arbeitsspindel einen Freiraum ohne Störkonturen, wie zum Beispiel Spänedurchbrüche, für Werkstücktransporteinrichtungen, Späneförderer und dergleichen auf.

[0017] Wenn mehreren Raumachsen mehrere unterschiedliche Antriebe zugeordnet sind, kann je nach Bearbeitungsaufgabe der gewünschte Antrieb im Sinne der Optimierung des Gesamtsystems eingesetzt werden. Bei einem Werkstückspektrum mit sehr vielen Bearbeitungsoperationen mit sehr kurzen Werkzeugengriffzeiten werden zum Beispiel im Interesse kurzer Nebenzeiten alle Vorschubachsen des Werkzeuges vorteilhaft mit hochdynamischen elektrischen Linearmotoren ausgerüstet.

[0018] Eine einfache Ausbildung ergibt sich, wenn die nebeneinander liegenden Spindelstöcke in Richtung wenigstens einer Raumachse miteinander gekoppelt sind.

[0019] Eine weitere Vereinfachung des konstruktiven Aufbaus der Vorrichtung ergibt sich, wenn mehrere Werkstücke in Richtung ihrer Raumachse miteinander gekoppelt sind.

[0020] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird das Werkstück abwechselnd durch je ein Werkzeug von wenigstens zwei Arbeitsspindeln bearbeitet. Dadurch können größere Werkstücke auf einem Werkstückträger vorteilhaft bearbeitet werden. Die Werkzeugwechselzeit fällt dann fast vollständig in die Hauptzeit. Lediglich die kurze Positionierzeit beim Verfahren des Werkstückes von der einen zur anderen Arbeitsspindel verlängert die Stückzeit.

[0021] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren können Werkstücke mit einer oder mehreren Arbeitsspindeln bearbeitet werden, deren Arbeitsweise je nach Werkstück, Bearbeitungsaufgabe am Werkstück und Produktionsstückzahl gewählt werden kann. Die Vorrichtung ermöglicht wahlweise einen seriellen, parallelen oder alternierenden Bearbeitungsmodus. Die vorteilhaft als Fertigungszelle bzw. Bearbeitungszentrum ausgebildete Vorrichtung erschließt aus diesem Grunde das Lösungsfeld aus Produktivität und Flexibilität der Fertigung in vorteilhafter Weise. Auf dem gemeinsamen Gestell sind die Werkzeug- und Werkstückträger angeordnet, die durch den Grad ihrer Kopplung auf unterschiedliche Bearbeitungsmodi zugeschnitten werden können.

[0022] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

[0023] Die Erfindung wird anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen

[0024] Fig. 1 in Seitenansicht eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

[0025] Fig. 2 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 in Vorderansicht,

[0026] Fig. 3 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 in Draufsicht,

[0027] Fig. 4 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0028] Fig. 5 eine Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0029] Fig. 6 eine Vorderansicht der Vorrichtung gemäß Fig. 5,

[0030] Fig. 7 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0031] Fig. 8 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0032] Fig. 9 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0033] Fig. 10 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0034] Fig. 11 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0035] Fig. 12 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0036] Fig. 13 eine Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0037] Fig. 14 eine Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0038] Fig. 15 eine Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0039] Fig. 16 die Vorrichtung gemäß Fig. 15, bei der zwei Werkzeugmagazine eine andere Lage einnehmen,

[0040] Fig. 17 eine Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0041] Fig. 18 eine Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0042] Fig. 19 eine Vorderansicht einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

5 [0043] Fig. 20 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, teilweise in Seitenansicht und teilweise im Schnitt,

[0044] Fig. 21 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

10 [0045] Fig. 22 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0046] Fig. 23 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0047] Fig. 24 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

15 [0048] Fig. 25 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0049] Fig. 26 eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

20 [0050] Die Vorrichtung 1 gemäß den Fig. 1 bis 3 weist ein zweisepindeliges Bearbeitungszentrum 34 auf. Es hat ein Maschinengestell 3, an dem zwei Schlitten 4 in Y-Richtung verfahrbar angeordnet sind. Die beiden Schlitten 4 tragen Spindelköpfe 5, die unabhängig voneinander bewegbar sind und jeweils ein Werkzeug 6 tragen. Die Schlitten 4 sind in Z-Richtung verfahrbar, so daß die Spindelachsen 7 waagrecht liegen. Die waagrechte Lage der Spindelachsen 7 und damit auch der Werkzeugachsen hat den Vorteil, daß eine stabile Führung der Schlitten 4 erreicht wird und die Werkstückbe-

30 ladung von oben erfolgen kann.
[0051] Wie insbesondere Fig. 3 zeigt, sind die beiden in den Spindelköpfen 5 vorgesehenen Spindeln 8 in nur minimalem Abstand voneinander angeordnet. Aufgrund dieses minimalen Abstandes sind auch nur sehr geringe Fahrzeiten für das zu bearbeitende Werkstück 9 bei alternierender Bearbeitungsweise notwendig. Bei dieser Arbeitsweise wird das Werkstück 9 abwechselnd durch je eines der Werkzeuge 6 bearbeitet. So kann das auf dem Werkstückträger 15 fest-

35 gespannte Werkstück 9 zunächst mit dem in Fig. 3 linken Werkzeug 6 bearbeitet werden. Während dessen kann der rechte Spindelkopf 5 in Y-Richtung in die Werkzeugwechselposition verfahren werden, um ein Werkzeug einzuwechseln, das für die nachfolgende Bearbeitung des Werkstückes 9 erforderlich ist. Ist die Bearbeitung des Werkstückes 9 durch das linke Werkzeug 6 beendet, wird der Werkzeugträger 4 in X-Richtung derart zum rechten Werkzeug 6 verfahren, daß nunmehr das rechte Werkzeug die weitere Bearbeitung am Werkstück 9 vornimmt. Während dessen kann der linke Spindelkopf 5 in Y-Richtung in die Werkzeugwechselposition gefahren werden, um ein neues Werkzeug einzuwechseln. Die Verfahrenswege für das Werkstück 9 sind sehr kurz, so daß in der Zeiteinheit die große Zahl von Werkstücken 9 in dieser alternierenden Weise bearbeitet werden kann.

50 [0052] Bei einem eventuellen störungsbedingten Ausfall des einen Spindelkopfes 5 bzw. des einen Werkzeuges 6 kann der andere Spindelkopf 5 bzw. das andere Werkzeug 6 die Produktion aufrechterhalten.

[0053] Die Schlitten 4 werden auf dem Maschinengestell 3 längs Führungen 10 (Fig. 1) in X-Richtung verfahren. Im vorderen Bereich 14 des Maschinengestells 3 befindet sich der Werkstückträger 15, auf dem die zu bearbeitenden Werkstücke 9 unmittelbar festgespannt werden. Ein Maschinenständer 13, der in X-Richtung senkrecht zur Z- und zur Y-Richtung am Maschinengestell 3 verfahrbar ist, bewegt sich relativ zum Werkstück 9.

[0054] In einer besonderen Ausführung befindet sich in der Lade- bzw. Entladeposition eine Ladeeinrichtung 18. Sie

hat einen Greifer 19, mit dem die Werkstücke 9 gegriffen werden können. Der Greifer 19 ist an einem Schlitten 20 vorgesehen, der längs einer in X-Richtung verlaufenden Führung 21 verfahrbar ist. Sie befindet sich im Bereich außerhalb des Maschinengestells des Bearbeitungszentrums 34. Die Führung 21 ist so lang, daß die zu bearbeitenden Werkstücke 9 einem anderen Bearbeitungszentrum 34 zugeführt werden können. Beide Bearbeitungszentren 34 sind mit jeweils einem Werkstückträger 15 versehen, auf dem die Werkstücke 9 unmittelbar festgespannt werden können.

[0055] Der Greifer 19 ist am Schlitten 20 auch in Y-Richtung verfahrbar, so daß er die Werkstücke 9 von dem jeweiligen in der Lade/Entladeposition befindlichen Werkstückträger 15 holen bzw. auf ihn ablegen kann.

[0056] Die Führung 21 kann sich auch bis zu einem (nicht dargestellten) Werkstückspeicher erstrecken. Aus ihm können die zu bearbeitenden Werkstücke 9 durch den Greifer 19 geholt und in ihm nach der Bearbeitung wieder abgelegt werden. Mit der Ladeeinrichtung 18 ist ein zeitlich begrenzter bedienerloser Betrieb der Bearbeitungszentren möglich.

[0057] Der Werkstückträger 15 ist in der Bearbeitungsposition um eine vertikal liegende, motorisch angetriebene und regelbare Achse B schwenkbar (Fig. 1).

[0058] In einer weiteren Ausführung kann das Bearbeitungszentrum 34 einen zweiten Werkstückträger 15 aufweisen (Fig. 26). Die beiden Werkstückträger betreten sich wechselweise in Bearbeitungsposition oder in Beladeposition durch eine Transportbewegung in X-Richtung. Bei dieser Pendelbeladung wird der eine Werkstückträger 15 in Position 62 und der andere Werkstückträger 15 in Position 63 beladen. Die Ladeeinrichtung 18 mit Greifer 19 wird bei der Pendelbeladung in einer Weise aufgestellt, in der der Greifer die entsprechenden Beladepositionen 62 und 63 erreichen kann.

[0059] Den Spindeln 8 des Bearbeitungszentrums 34 ist jeweils ein Werkzeugmagazin 24 zugeordnet (Fig. 2), das in bekannter Weise ausgebildet ist und in einer Vertikalebene liegt. Jedes Werkzeugmagazin 24 ist entleert und laufend ausgebildet und enthält die entsprechenden Werkzeuge. Zum Werkzeugwechsel wird die entsprechende Spindel 8 durch Verfahren in Y- und Z-Richtung zum zugehörigen Werkzeugwechsler 58 gefahren und dort das gerade benutzte Werkzeug 6 durch Schwenken um 180° durch ein neues Werkzeug aus dem Werkzeugmagazin 24 ersetzt.

[0060] Das entsprechende Werkzeug 6 wird der Spindel 8 mit einem Werkzeugwechsler 58 übergeben, der um eine Achse 59 drehbar ist. Die Achse 59 des Werkzeugwchlers 58 kann dabei parallel zur Z-Achse (Fig. 11) oder unter 45° zur Z-Achse angeordnet sein (Fig. 3). Die Ausbildung und Funktionsweise eines solchen Werkzeugwchlers ist bekannt und wird darum nicht näher beschrieben.

[0061] Durch den Werkzeugwechsler 58 werden sehr kurze Span-zu-Span-Zeiten möglich, weil die Zeit zur Auswahl der Werkzeuge durch Verfahren des Werkzeugmagazins 24 in die entsprechende Position des Werkzeugwchlers in die Hauptzeit der Maschine fällt. In besonders vorteilhafter Weise greift sich der Werkzeugwechsler 58 das Werkzeug 6 nicht direkt aus dem Werkzeugmagazin 24, sondern aus einer Bereitstellungsposition 70 (Fig. 2), die durch eine Bahnbewegung (linear, rotativ oder beliebig) zwischen dem Magazinplatz und der Bereitstellungsposition 70 angefahren wird.

[0062] Da bei der Werkstückbearbeitung die Vorschub- bzw. Z-Achse die am meisten beanspruchte Achse ist, wird diese Z-Achse vorzugsweise mit einem hochdynamischen, elektrischen Linearmotor ausgerüstet. Die weniger beanspruchten Achsen X und Y werden mit herkömmlichen Kugelgewindetrieben ausgestattet. Die hochdynamischen elek-

trischen – oder auch hydraulischen – Linearmotoren führen zu sehr kurzen Nebenzeiten bei der Werkstückbearbeitung. Beispielsweise werden bei einem Werkstückspektrum mit sehr vielen Bohrvorgängen durch einen derartigen Antrieb der Z-Achse äußerst kurze Nebenzeiten erzielt.

[0063] Die Achsantriebe können selbstverständlich auch sämtlich mit elektrischen Linearmotoren ausgerüstet werden, da diese Antriebsart derzeit die kürzesten Positionierungszeiten ermöglicht.

[0064] Die Spindelstöcke 5 des Bearbeitungszentrums 34 können unterschiedlich gestaltet sein, so daß mit ihnen auch unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben durchgeführt werden. So kann der eine Spindelstock 5 beispielsweise für eine Schruppbearbeitung und der andere Spindelstock 5 für eine Schlichtbearbeitung eingesetzt werden.

[0065] Mit dem zwispindeligen Bearbeitungszentrum 34 ist auch eine andere Arbeitsweise möglich, indem auf dem Werkstückträger 15 mehrere identische Werkstücke 9 festgespannt und diese durch die Werkzeuge 6 der beiden Spindeln 8 gleichzeitig bearbeitet werden.

[0066] Fig. 4 zeigt einen Palettenwechsler 27 mit insgesamt zwei Werkstückträgern 15, von denen sich einer gegenüber den Spindeln 8 in Bearbeitungsposition und einer in Entlade-/Beladeposition befindet. Bei der gezeigten Ausführung werden zwei gleiche Werkstücke nacheinander auf identische Weise bearbeitet. Vorteilhaft befindet sich zwischen den Werkstücken 9 eine Trennwand 69, die den durch Späneflug und Kühlmittelzuführung beaufschlagten Arbeitsraum, der als Naßzelle ausgeführt ist, von der Be- und Entladeposition trennt.

[0067] Mit Palettenwechslern ist es möglich, das Auf- und Abspannen des Werkstückes 9 während der Bearbeitungszeit eines anderen Werkstückes durchzuführen. Palettenwechsler ermöglichen einen schnellen Austausch der Paletten zwischen dem Arbeitsraum und dem Rüstplatz bzw. dem Palettenbahnhof.

[0068] Zum Werkstückwechsel wird der Palettenwechsler 27 um die vertikale Achse 28 gedreht, wodurch der in der Rüstposition befindliche Werkstückträger 15 mit dem aufgespannten, zu bearbeitenden Werkstück 9 in das Bearbeitungszentrum 34 gebracht und gleichzeitig der Werkstückträger 15 mit dem fertig bearbeiteten Werkstück 9 in die Rüstposition geschwenkt wird. Das auf dem nunmehr in der Rüstposition befindlichen Werkstückträger 15 angeordnete, bearbeitete Werkstück 9 wird entladen und durch ein neues, noch zu bearbeitendes Werkstück ersetzt. Die Beladung kann auch mit der in Fig. 1 beschriebenen Ladeeinrichtung erfolgen. Bei manueller Beladung kann der Werkstückträger 15 manuell um seine senkrechte Achse gedreht werden.

[0069] Bei der Ausführungsform nach den Fig. 5 und 6 werden zwei Werkstückträger 15 eingesetzt. Die auf den Werkstückträgern 15 befindlichen Werkstücke 9 werden durch die Werkzeuge 6 der beiden Spindelköpfe 5 gleichzeitig bearbeitet. Die Spindelköpfe 5 sind in Z-Richtung unabhängig voneinander verfahrbar. In der X-Richtung werden die Werkstückträger 15 relativ zum entsprechenden Werkzeug 6 verfahren. Auf den Werkstückträgern 15 können gleiche, aber auch unterschiedliche Werkstücke aufgespannt sein. Dementsprechend können mit den Werkzeugen 6 an den beiden Werkstücken gleiche oder unterschiedliche Bearbeitungen vorgenommen werden, wenn die Y-Achsen ebenfalls separat verfahrbar sind. Die Werkstückträger 15 sind entsprechend dem vorherigen Ausführungsbeispiel ausgebildet und um die in Y-Richtung liegenden vertikalen Achsen B drehbar. Fig. 7 zeigt einen Palettenwechsler 27 mit insgesamt vier Werkstückträgern 15, von denen sich zwei in Bearbeitungsposition und zwei in Entlade-/Beladeposition befinden. Bei der gezeigten Ausführung werden

zwei gleiche Werkstücke gleichzeitig identisch bearbeitet. **[0070]** Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform, die im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 entspricht. Im Unterschied dazu sind statt zwei Werkstückträgern 15 mit Werkstücken 9 insgesamt vier Werkstückträger 15 mit Werkstücken 9 vorgesehen, die auf dem Palettenwechsler 27 angeordnet sind, der um die vertikale Achse 28 drehbar ist. **[0071]** Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Bearbeitungszentrums 34 ohne B-Achse, bei dem ein Werkstück 9 von zwei in den Spindeln 8 eingespannten Werkzeugen 6 gleichzeitig bearbeitet wird. Durch die voneinander unabhängig bewegbaren Achsen X, Y und Z können unterschiedliche Bearbeitungen vorgenommen werden. Im übrigen ist dieses Ausführungsbeispiel gleich ausgebildet wie die vorhergehenden Ausführungsformen.

[0072] Das Bearbeitungszentrum 34 nach Fig. 10 ist so ausgebildet, daß die beiden Werkzeuge 6 an zwei unterschiedlichen Werkstücken 9 oder Werkstückpartien im Einsatz sind. Dadurch können erforderliche ergänzende Arbeitsoperationen zeitlich gleichmäßig auf die Werkzeuge 6 verteilt werden. Bei einer beispielsweise quaderförmigen Ausbildung ist das Werkstück 9 so auf dem einen Werkstückträger 15 aufgespannt, daß mit dem einen Werkzeug 6 vier Seiten bearbeitet werden können. Auf dem anderen Werkstückträger 15 ist dieses Werkstück 9 hingegen so aufgespannt, daß mit dem anderen Werkzeug 6 des Bearbeitungszentrums 34 die restlichen zwei Seiten des quaderförmigen Werkstückes 9 bearbeitet werden können.

[0073] Bei einem eventuellen störungsbedingten Ausfall des einen Spindelkopfes 5 bzw. des einen Werkzeuges 6 kann der andere Spindelkopf 5 bzw. das andere Werkzeug 6 die Produktion aufrechterhalten.

[0074] Die Fig. 11 und 12 zeigen ein Ausführungsbeispiel eines Bearbeitungszentrums 34 ohne B-Achse und ohne Palettenwechsler, bei dem zwei gleiche Werkstücke 9 gleichzeitig auf identische Weise bearbeitet werden.

[0075] Gemäß Fig. 13 und 14 kann das entsprechende Werkzeug 6 dem Werkzeugmagazin 24 im Pickup-Verfahren entnommen werden. Bei diesem bekannten Verfahren wird das Werkzeug 6 unmittelbar, d. h. ohne Werkzeugwechsler, von der Spindel 8 direkt in das Werkzeugmagazin 24 be- bzw. entladen. Da den Spindelköpfen 5 jeweils ein Werkzeugmagazin 24 zugeordnet ist, müssen beide Spindelköpfe beim Werkzeugwechsel nicht aufeinander warten, sondern können gleichzeitig auf ein neues Werkzeug zugreifen. Wie die Fig. 13 und 14 zeigen, hat das Werkzeugmagazin 24 den beiden Spindelköpfen 5 zugeordnete Übergabepositionen 29, 30.

[0076] Fig. 13 zeigt eine Ausführung, bei der die Werkstückträger 15 unabhängig voneinander angetrieben werden. Diese Ausführung ist dann von Vorteil, wenn auch die Z- und die Y-Achse jeweils separat angetrieben sind. Der separate Antrieb der X-Achse hat außerdem den Vorteil, daß Maßveränderungen durch Wärmeausdehnung oder ähnlichem kompensiert werden können. Zudem können unterschiedliche Werkzeugdurchmesser kompensiert werden, was zum Beispiel beim Zirkularfräsen erforderlich ist.

[0077] Nach Fig. 10 liegen die beiden Spindeln 8 der Spindelköpfe 5, bezogen auf die X-Richtung, in halber Breite der Spindelköpfe. Dadurch sind die Spindeln 8 thermosymmetrisch in bezug auf den Abstand zwischen ihnen ausgebildet. Treten thermisch bedingte Verformungen auf, wirken sich diese aufgrund der symmetrischen Ausbildung nur geringfügig auf das Spindelabstandsmaß aus, so daß unabhängig von der Wärmebelastung der Spindelabstand stets annähernd gleich bleibt.

[0078] Bei der Ausführung nach Fig. 14 haben die beiden Spindelköpfe 5 des Bearbeitungszentrums 34 den gemeinsa-

men Schlitten 4, so daß die Spindelköpfe 5 in Y-Richtung miteinander gekoppelt sind. Dadurch können die Spindelköpfe und damit die Werkzeuge 6 nur gemeinsam in Y-Richtung verfahren werden. In Z-Richtung sind die beiden Spindelköpfe 5 unabhängig voneinander verstellbar am Schlitten 4 gelagert. Da die beiden Spindelköpfe 5 den gemeinsamen Schlitten 4 haben, wird ein Schlitten mit zugehörigem Antrieb und zugehöriger Meßeinrichtung eingespart. Den beiden Spindelköpfen 5 ist jeweils ein Werkzeugmagazin 24 zugeordnet, das entsprechend der Ausführungsform nach den Fig. 1 bis 3 ausgebildet ist. Den Werkzeugmagazinen 24 können die Werkzeuge im Pickup-Verfahren oder mittels Werkzeugwechsler entnommen werden.

[0079] Die Fig. 15 und 16 zeigen als Werkzeugmagazin zwei Scheibenmagazine 60. Die beiden Scheibenmagazine sind um in Z-Richtung liegende Achsen drehbar am Maschinenstander 13 gelagert. Der Schlitten 4 und die Scheibenmagazine 60 verfahren zum Werkzeugwechsel linear bzw. mit einer Schwenkbewegung bahngesteuert in eine Position, in der eine Haltezange des Scheibenmagazins 60 das Werkzeug 6 greifen kann. Die Scheibenmagazine 60 haben jeweils eine Eckaussparung 61, die während der Werkstückbearbeitung das Magazin und die darin gespeicherten Werkzeuge vor Späneflug und Kühlmittelbeaufschlagung aus dem Arbeitsraum schützt.

[0080] Fig. 15 zeigt die Scheibenmagazine 60 in Werkzeugwechselposition. Fig. 16 zeigt die Scheibenmagazine 60 während der Werkstückbearbeitung.

[0081] Fig. 17 zeigt eine weitere Ausführungsform eines gemeinsamen Werkzeugmagazins 24, das auf dem Maschinengestell 3 vorgesehen ist. Es ist in einer Vertikalebene mit einer horizontalen, in X-Richtung liegenden Längsachse angeordnet und endlos ausgebildet.

[0082] Fig. 18 zeigt eine Ausführungsform, bei der das gemeinsame Werkzeugmagazin 24 hufeisenförmig ausgebildet ist und in einer Vertikalebene liegt. Der Vorteil dieser Lösung liegt in der hohen Speicherkapazität auf sehr kleinem Bauraum. Die beiden Werkstücke 9 auf dem Werkstückträger 15 und die beiden Werkzeuge 6 sind jeweils gleich ausgebildet, so daß die gleichen Werkstücke 9 gleichzeitig auf die gleiche Weise bearbeitet werden. Im Werkzeugmagazin 24 sind die entsprechenden Werkzeuge doppelt vorhanden.

[0083] Wie Fig. 17, 18 zeigen, hat das Werkzeugmagazin 24 den beiden Spindelköpfen 5 zugeordnete Übergabepositionen 29, 30.

[0084] Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 19 stehen ein zwispindeliges und ein einspindeliges Bearbeitungszentrum 34, 34' nebeneinander. Vorteilhaft liegen die Maschinengestelle 3 der Bearbeitungszentren mit ihren Seitenwänden unmittelbar aneinander. Das zwispindelige Bearbeitungszentrum 34 ist entsprechend dem Ausführungsbeispiel nach den Fig. 1 bis 3 ausgebildet. Das einspindelige Bearbeitungszentrum 34' hat den einzigen Spindelkopf 5', der mit dem Schlitten 4' auf dem Maschinengestell 3 in Y-Richtung verfahren werden kann. Außerdem kann der Spindelkopf 5' gegenüber dem Schlitten 4' in Z-Richtung verfahren werden. Die beiden Maschinengestelle 3 sind so ausgebildet, daß im Bereich der zu bearbeitenden Werkstücke, die auf dem Werkstückträger 15 in der beschriebenen Weise aufgespannt sind, ein Freiraum 26 gebildet wird, in dem eine Transporteinrichtung 35 für die Werkstücke untergebracht ist. Mit der Transporteinrichtung 35 werden die zu bearbeitenden Werkstücke direkt nacheinander dem in einer Reihe in X-Richtung hintereinander liegenden Werkzeugen 6, 6' der beiden Bearbeitungszentren 34, 34' zugeführt. Die Werkstückträger 15 werden entsprechend den vorhergehenden Ausführungsformen in X-Richtung längs der Maschi-

nengestellte 3 verschoben, um die Werkstücke zu den entsprechenden Werkzeugen 6, 6' zu transportieren. Die Werkstückträger 15 können Paletten sein, die nacheinander den beiden Bearbeitungszentren 34, 34' zugeführt werden. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, daß die Werkstücke auf den Paletten 15 aufgespannt bleiben, so daß keine Aufspannfehler auftreten. Es ist selbstverständlich auch möglich, die Werkstücke direkt nacheinander den Bearbeitungszentren 34, 34' zuzuführen und dort jeweils einzuspannen. Dadurch lassen sich Paletten und zugehörige Vorrichtungen in der Lade- und Entladestation einsparen.

[0085] Die Transporteinrichtung 35 arbeitet beispielhaft nach dem Lift-and-Carry-System. Sie hat einen ersten Transportarm 36, mit dem der Werkstückträger 15 längs der gestrichelten Bahn 37 von einem Beladebereich 38 aus bis an die Werkzeuge 6 des Bearbeitungszentrums 34 transportiert wird. Der Beladebereich 38, in dem die Werkstücke auf den Werkstückträger 15 aufgespannt werden, befindet sich am Anfang der Transporteinrichtung. Der Transportarm 36 wird um eine in Y-Richtung liegende Achse 39 geschwenkt, die vorteilhaft am Maschinengestell 3 vorgesehen ist.

[0086] Gleichzeitig mit dem Transportarm 36 wird ein zweiter Transportarm 40 der Transporteinrichtung 35 um eine ebenfalls in Y-Richtung liegende Achse 41 geschwenkt. Sie liegt auf gleicher Höhe wie die Schwenkachse 39 und ist vorteilhaft an einem der beiden Maschinengestelle 3 vorgesehen. Mit dem Transportarm 40 wird der im Bearbeitungszentrum 34 befindliche Werkstückträger 15 längs der Bahn 42 vor das Werkzeug 6' des einspindeligen Bearbeitungszentrums 34' transportiert. Synchron hierzu wird mit einem dritten Transportarm 43 der Transporteinrichtung 35 der im einspindeligen Bearbeitungszentrum 34' befindliche Werkstückträger 15 aus dem Bearbeitungszentrum 34' in eine Entladestation 44 transportiert. Der Transportarm 43 ist ebenfalls um eine in Y-Richtung liegende Achse 45 schwenkbar, die vorteilhaft auf gleicher Höhe wie die Schwenkachsen 39, 41 liegt und vorteilhaft am Maschinengestell 3 des einspindeligen Bearbeitungszentrums 34' vorgesehen ist. Die Transporteinrichtung 35 mit den verschiedenen Transportarmen 36, 40, 43 ist an sich bekannt, so daß sie nicht im einzelnen beschrieben wird. Die drei Transportarme 36, 40, 43 bewegen sich gleichzeitig, so daß die Werkstückträger 15 gleichzeitig transportiert werden. An jeder Arbeitsstation erfolgt vorteilhaft eine Werkstückbearbeitung, welche die vorhergehende ergänzt. Auf den jeweiligen Bearbeitungszentren 34, 34' sind die Werkstückträger 15 in der anhand der vorigen Ausführungsbeispiele beschriebenen Weise in X-Richtung verfahrbar.

[0087] Anstelle der beschriebenen, als Lift-and-Carry-System ausgebildeten Transporteinrichtung 35 kann auch ein einfaches Schiebetransportsystem eingesetzt werden. Mit ihm können die verschiedenen Werkstücke bzw. Werkstückträger 15 ebenfalls synchron den Bearbeitungszentren 34, 34' bzw. den Werkzeugen 6, 6' zugeführt werden.

[0088] Den beiden Spindelköpfen 5 des Bearbeitungszentrums 34 kann jeweils ein Werkzeugmagazin oder ein gemeinsames Werkzeugmagazin zugeordnet sein. Dem Spindelkopf 5' ist ein eigenes Werkzeugmagazin zugeordnet, das ebenfalls im Arbeitsbereich neben den Spindelköpfen am Maschinengestell 3 vorgesehen ist. Die Werkzeugmagazine können gleich ausgebildet sein wie bei den vorhergehenden Ausführungsformen.

[0089] Beim beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die Bearbeitungszentren 34, 34' seriell angeordnet. An jeder Arbeitsstation erfolgt vorteilhaft eine Bearbeitung, die die vorhergehende ergänzt. Bei einer solchen Transferbearbeitung der Werkstücke können die beschriebenen, konstruktiv einfachen Lift-and-Carry-Systeme, Schiebe- oder Ketten- so-

wie sonstige Transportsysteme eingesetzt werden. Die Werkstücke werden von der Ladestation 38 über die Bearbeitungsstationen der Bearbeitungszentren 34, 34' zur Entladestation 44 weitergetaktet. Bei Werkstücken, die sich beispielsweise aufgrund ihrer Form und/oder Schwerpunktlage oder aus Gründen der Positionierung oder Aufspannung nicht zum direkten Transfer eignen, werden entsprechende Werkstückträger eingesetzt.

[0090] Die zu bearbeitenden und bearbeiteten Werkstücke können durch fahrerlose Wagen zu den entsprechenden Bearbeitungszentren gefahren bzw. von dort abgeholt werden. Diese fahrerlosen Wagen können bequem an das Maschinengestell 3 andockt werden.

[0091] Fig. 20 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher der Palettenwechsler 27, der sich im Bereich neben dem Bearbeitungszentrum 34 befindet, um eine in X-Richtung liegende Achse 53 schwenkbar ist. Da der Palettenwechsler 27 um die Achse 53 schwenkbar ist, hat das Bearbeitungszentrum 34 in X-Richtung sehr kompakte Abmessungen. Die Schwenkachse 53 ist vorteilhaft im Maschinengestell 3 gelagert. Der Palettenwechsler 27 hat Z-Form, in Richtung der Schwenkachse 53 gesehen. Die Schwenkachse 53 ist in halber Breite eines Mittelsteges 54 des Palettenwechslers 27 vorgesehen. Der Mittelsteg 54 verbindet zwei senkrecht zu ihm liegende Aufspannteile 55, 56 für die Werkstückträger 15. Durch Schwenken des Palettenwechslers 27 um die Achse 53 wird der jeweilige Werkstückträger 15 vor die Werkzeuge 6 transportiert. Während der Bearbeitung des Werkstückes kann auf dem im Palettenwechsler 27 befindlichen Werkstückträger 15 ein neues Werkstück aufgespannt werden.

[0092] Die Aufspannlage des Werkstückes kann bei dieser Ausführung nach Maßgabe der Beladeanforderung gewählt werden. Bei manueller Beladung kann die Aufspannfläche 55 bzw. 56 sowohl in horizontale als auch – bei Winkelauflage – in vertikale Lage gedreht werden. Wegen der wünschenswerten Spänefreiheit der Werkstückauflageflächen wird die hängende Werkstücklage bevorzugt.

[0093] Das Bearbeitungszentrum 34 gemäß Fig. 21 ist mit einer fünften NC-Achse ausgebildet. Auf dem Maschinengestell 3 ist der Schlitten 4 in Y-Richtung längs Führungen verfahrbar. Der Spindelkopf 5 ist gegenüber dem Schlitten 4 in Z-Richtung verstellbar. Im Unterschied zu den vorigen Ausführungsbeispielen ist der Werkstückträger 15 in einer Wiege 57 aufgenommen, die C-förmigen Umriß hat. Solche Wiegen sind bei Bearbeitungszentren bekannt und werden darum nicht im einzelnen erläutert. Die Wiege 57 ist um eine in X-Richtung liegende A-Achse schwenkbar. Der Werkstückträger 15, der von der Wiege 57 aufgenommen ist, ist um die senkrecht zur A-Achse liegende B-Achse schwenkbar, die sich in Y-Richtung erstreckt. Der Maschinenstander 13 führt die Bewegung in X-Richtung aus.

[0094] Mit diesem Bearbeitungszentrum 34 ist eine Fünfachsbearbeitung des Werkstückes möglich. Mit einer solchen Fünfachsbearbeitung ist insbesondere auch die Bearbeitung von schräg im Raum liegenden Bohrungen und Flächen möglich. Auch konvex oder konkav gekrümmte Flächen am Werkstück können auf diesem Bearbeitungszentrum 34 bearbeitet werden. Selbstverständlich kann auch diese Ausführungsform mit Palettenwechsler ausgestattet werden.

[0095] Die Spindelköpfe 5 und die Werkstückträger 15 können jeweils unabhängig voneinander in einer oder mehreren Achsen aneinandergekoppelt werden, wie dies beispielsweise anhand des Ausführungsbeispiels nach den Fig. 6 und 7 für die Spindelköpfe 5 mit dem gemeinsamen, in Y-Richtung verfahrbaren Schlitten 4 erläutert worden ist. In gleicher Weise ist es auch möglich, die Spindelköpfe 5 in

Z-Richtung miteinander zu koppeln, so daß die Werkzeuge 6 auch in Vorschubrichtung Z nur gemeinsam verfahren werden können. Für eine solche Koppelung können die Schlitten 4 und die Spindelköpfe 5 mit entsprechenden Schnittstellen versehen werden. Es ist dadurch möglich, die Spindelköpfe 5 und die Schlitten 4 wahlweise miteinander zu koppeln, so daß die gemeinsame Verstellbarkeit in Y- und in Z-Richtung je nach Bearbeitungsaufgabe oder je nach Wunsch des Kunden vorgenommen werden kann. Bei den zweispindeligen Bearbeitungszentren 34 können somit die Spindelköpfe in der beschriebenen Weise in Y- und in Z-Richtung unabhängig voneinander oder durch entsprechende Kopplung gemeinsam in Y- und/oder in Z-Richtung verfahren werden.

[0096] Eine solche Koppelung ist auch bei den Werkstückträgern 15 möglich, wenn sie paarweise dem Bearbeitungszentrum 34 zugeführt werden. In diesem Fall können die Werkstückträger 15 über entsprechende Schnittstellen in X-Richtung miteinander gekoppelt werden, so daß die Werkstückträger in dieser Richtung nur gemeinsam verstellt werden können.

[0097] Ebenso ist es möglich, auch die Schwenkbarkeit der Werkstückträger 15 um die B-Achse miteinander zu koppeln. In diesem Fall können die Werkstückträger 15 nur gemeinsam um ihre jeweilige B-Achse gedreht werden. Auch hier ist es möglich, diese Koppelung durch entsprechende Schnittstellen zu ermöglichen, so daß je nach Bearbeitungsaufgabe oder je nach Wunsch des Kunden die Drehkoppelung der Werkstückträger 15 auf dem Bearbeitungszentrum 34 wahlweise vorgenommen oder aufgehoben werden kann.

[0098] Eine solche Koppelung ist auch für die A-Achse möglich (Fig. 21). Anhand dieses Ausführungsbeispiels ist das Bearbeitungszentrum 34 beschrieben worden, das eine Wiege 57 aufweist. Eine solche Wiege 57 kann selbstverständlich auch bei den übrigen beschriebenen Ausführungsformen vorgesehen sein. In diesem Falle ist es möglich, die Wiegen 57 unabhängig voneinander um die A-Achse zu drehen.

[0099] Es ist aber auch möglich, über entsprechende Schnittstellen die Drehung um die A-Achsen miteinander zu koppeln, so daß die Wiegen 57 nur gemeinsam um ihre jeweiligen A-Achsen gedreht werden können.

[0100] Fig. 22 zeigt ein Bearbeitungszentrum 34, bei dem das Werkstück 9 hängend am Werkstückträger 15 vorgesehen ist. Diese Lösung bietet Vorteile durch den freien Spänefall, wodurch die Erwärmung des Werkstücks reduziert und somit die erzielbare Genauigkeit erhöht wird.

[0101] Fig. 23 zeigt einen Werkstückwechsler 64, der insbesondere jeweils zwei Greifarme zur Be- und Entladung aufweist und bearbeitete bzw. unbearbeitete Werkstücke 9 zwischen einem Bereitstellungsplatz 67 und den Werkstückträgern 15 durch Drehung des Werkstückwechslers um eine in Y-Richtung liegende Achse 65 und durch Verfahren mittels eines Schlittens 66 in Z-Richtung transportiert. Der Werkstückwechsler 64 fährt mit dem Schlitten 66 in Z-Richtung so weit, daß die fertig bearbeiteten Werkstücke von den Greifarmen in der Bearbeitungsstation aufgenommen werden können. Anschließend fährt der Schlitten 66 in Z-Richtung in seine Mittelposition zurück, in der der Werkstückwechsler 64 um die Achse 65 um 180° dreht, so daß die fertig bearbeiteten Werkstücke 64 dem Bereitstellungsplatz 67 zugewandt sind. Durch eine weitere Bewegung in Z-Richtung werden die fertig bearbeiteten Werkstücke zur Dekkung mit dem Bereitstellungsplatz 67 gebracht und dort entladen. Anschließend werden dem Bereitstellungsplatz 67 zwei unbearbeitete Werkstücke entnommen. Der Werkstückwechsler 64 fährt wiederum in Z-Richtung in seine

Mittelposition zurück. Jetzt erfolgt der Bewegungsablauf zum Aufspannen der unbearbeiteten Werkzeuge in umgekehrter Reihenfolge. Der Werkstückwechsler 64 kann in ähnlicher Form auch als Palettenwechsler vorgesehen sein.

[0102] Fig. 24 und 25 zeigen das Bearbeitungszentrum 34 mit zwei Spindeln in einer Ausprägung, in der die X-Bewegung vom Werkstück ausgeführt wird. Vorteilhaft ist hier die geringere Masse, so daß höhere Beschleunigungen dieser Achse erreicht werden können. Bei der Ausführung nach Fig. 24 werden vorzugsweise zwei Werkstücke 9 simultan in gleicher Weise bearbeitet. Die Ausführung gemäß Fig. 25 ermöglicht eine simultane Bearbeitung von sowohl gleichen als auch unterschiedlichen Werkstücken und die simultane Bearbeitung gleicher Werkstücke mit gleichen oder verschiedenen Bearbeitungsprozessen.

[0103] Die beschriebenen Funktionsträger, wie Achsantriebe, Werkzeugträger, Werkstückträger oder Werkstücktransporteinrichtungen, können beliebig kombiniert werden. Sie eröffnen ein breites Lösungsfeld für je nach gewünschter Stückzahl, Teilefamilie oder Fertigungsflexibilität unterschiedliche Maschinenausführungen, aus deren Vielfalt einige, keineswegs erschöpfende konkrete Beispiele herausgegriffen worden sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstücken, mit mindestens einem Gestell, an dem wenigstens ein Spindelkopf mit einer Arbeitsspindel in zumindest einer Richtung verstellbar gelagert ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Längsachse der Arbeitsspindel (8) in einem Bereich von etwa $\pm 50^\circ$ zur Horizontalebene hängend am Gestell (3) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindel (8) horizontal angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) zwei Arbeitsspindeln (8) aufweist, die jeweils hängend, vorzugsweise horizontal, angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindel (8) in wenigstens zwei, vorzugsweise zueinander senkrechten Achsen (Y, Z) verstellbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindel (8) in einem Spindelstock (5, 5') vorgesehen ist, der mit einem Schlitten (4, 4') in dem Gestell (3) verfahrbar gelagert ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Spindelstock (5, 5') in Vorschubrichtung (Z) gegenüber dem Schlitten (4, 4') verstellbar ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitten (4, 4') senkrecht zur Vorschubrichtung (Z) auf dem Gestell (3) verfahrbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindeln (8) jeweils unabhängig voneinander in wenigstens zwei, vorzugsweise zueinander senkrechten Achsen (Y, Z) verstellbar sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß am Gestell (3) mindestens ein Werkstückträger (15) in wenigstens einer Raumachse (X) bewegbar ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Raumachse (X) des Werkstückträgers (15) winklig, vorzugsweise rechtwinklig, zu den

Raumachsen (Y, Z) der Arbeitsspindel (8) liegt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mindestens zwei Arbeitsspindeln (8), die jeweils in einer Raumachse unabhängig voneinander bewegbar sind, und einen Werkstückträger (15) aufweist, der in mindestens einer Raumachse bewegbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mindestens zwei Arbeitsspindeln (8), die in zwei Raumachsen (Y, Z) unabhängig voneinander bewegbar sind, und einen Werkstückträger (15) aufweist, der in mindestens einer Raumachse (X) bewegbar ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mindestens zwei Arbeitsspindeln (8), die jeweils in einer Raumachse (Z) unabhängig voneinander bewegbar sind, und zwei Werkstückträger (15) aufweist, die in mindestens einer Raumachse (X) gemeinsam bewegbar sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Arbeitsspindeln (8) Maßänderungen aufgrund von Temperatureinflüssen kompensieren können.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Arbeitsspindeln (8) Maßänderungen aufgrund unterschiedlicher Werkzeuglängen kompensieren können.

16. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mindestens zwei Arbeitsspindeln (8), die jeweils in einer Raumachse (Z) unabhängig voneinander bewegbar sind, und mindestens zwei Werkstückträger (15) aufweist, die jeweils in mindestens einer Raumachse (X) bewegbar sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mindestens zwei Arbeitsspindeln (8), die jeweils in zwei Raumachsen (Y, Z) unabhängig voneinander bewegbar sind, und mindestens zwei Werkstückträger (15) aufweist, die in mindestens einer Raumachse (X) unabhängig voneinander bewegbar sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die in mindestens einer Raumachse (X) unabhängig voneinander bewegbaren Werkstückträger (15) Maßänderungen aufgrund von Temperatureinflüssen kompensieren können.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die in mindestens einer Raumachse (X) unabhängig voneinander bewegbaren Werkstückträger (15) Maßänderungen aufgrund unterschiedlicher Werkzeuglängen kompensieren können.

20. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mindestens zwei Arbeitsspindeln (8), die jeweils in zwei Raumachsen (Y, Z) unabhängig voneinander bewegbar sind, und mindestens zwei Werkstückträger (15) aufweist, die in mindestens einer Raumachse (X) gemeinsam bewegbar sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstückträger (15) als Palette ausgebildet ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) eine oder mehrere Arbeitsspindeln (8) aufweist, die jeweils in drei Raumachsen (X, Y, Z) unabhängig voneinander bewegbar sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Raumachsen (X, Y, Z) numerisch gesteuert sind.

24. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (9) auf einem Werkstückträger (15) angeordnet ist, der um eine Drehachse (B), die vorzugsweise numerisch gesteuert ist, drehbar am Gestell (3) angeordnet ist.

25. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (9) auf einem Werkstückträger (15) angeordnet ist, der um zwei zueinander senkrechte, vorzugsweise numerisch gesteuerte Rotationsachsen (A, B) drehbar ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die eine Drehachse (A) horizontal angeordnet ist.

27. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell (3) mit einer Auskrugung in Form eines abstehenden Schenkels (14) ausgebildet ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Schenkel (14) am unteren Ende des Gestells (3) vorgesehen ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Schenkel (14) der Werkstückträger (15) verfahrbar gelagert ist.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Schenkel (14) einstückig mit dem Gestell (3) ausgebildet ist.

31. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell (3) als Monoblock ausgebildet ist.

32. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell (3) in drei Punkten nach unten abgestützt ist.

33. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Gestell (3) im Bereich unterhalb der Arbeitsspindel (8) einen Freiraum (26) ohne Störkonturen, wie z. B. Spänedurchbrüche, für Werkstücktransporteinrichtungen (35), Späneförderer und dergleichen aufweist.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Freiraum (26) nach vorn und/oder nach einer oder beiden Seiten offen ist.

35. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß mehreren Raumachsen (X, Y, Z) mehrere unterschiedliche Antriebe zugeordnet sind.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß für die Vorschubachse (Z) der Arbeitsspindel (8) ein Linearmotor vorgesehen ist.

37. Vorrichtung nach Anspruch 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Raumachsen mit Linearmotoren ausgerüstet sind.

38. Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Linearachsen mit Kugelgewindetrieben ausgerüstet sind.

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Arbeitsspindeln (8) gleich ausgebildet sind.

40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Arbeitsspindeln (8) unterschiedlich ausgebildet sind.

41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Arbeitsspindeln für allgemeine und die andere für prozessspezifische Bearbeitung, z. B. Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Einlippenbohren, Feinbohren oder Mehrspindelbearbeitung, ausgelegt ist.

42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Arbeitsspindeln für allgemeine und die andere für prozeßspezifische Bearbeitung, z. B. Einlippenbohren, Feinbohren oder Mehrspindelparbeitung, ausgelegt sind.

43. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindeln (8) in halber Breite der Spindelköpfe (5, 5') angeordnet sind.

44. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindeln (8) in den einander zugewandten Hälften der nebeneinander angeordneten Spindelköpfe (5, 5') liegen.

45. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 3 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die nebeneinander liegenden Spindelstöcke (5, 5') in Richtung wenigstens einer Raumachse (X, Y, Z) miteinander gekoppelt sind.

46. Vorrichtung nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kopplung an den Schluten (4, 4') und/oder an den Spindelstöcken (5, 5') Schnittstellen vorgesehen sind.

47. Vorrichtung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittstellen wahlweise koppel- und entkoppelbar sind.

48. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 9 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Werkstückträger (15) in Richtung ihrer Raumachse (X) miteinander gekoppelt sind.

49. Vorrichtung nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kopplung an den Werkstückträgern (15) Schnittstellen vorgesehen sind.

50. Vorrichtung nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß die Schnittstellen wahlweise koppel- und entkoppelbar sind.

51. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 50, dadurch gekennzeichnet, daß bei Anordnung mehrerer Werkstückträger (15) diese hinsichtlich ihrer Bewegung um die Drehachse (B) untereinander beliebig entkoppelt und gekoppelt werden können.

52. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 51, dadurch gekennzeichnet, daß auf der vom Arbeitsbereich der Arbeitsspindel (8) abgewandten Seite wenigstens ein Werkzeugmagazin (24) vorgesehen ist.

53. Vorrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Arbeitsspindel (8) jeweils ein Werkzeugmagazin (24) zugeordnet ist.

54. Vorrichtung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß den Arbeitsspindeln (8) ein gemeinsames Werkzeugmagazin (24) zugeordnet ist.

55. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 54, dadurch gekennzeichnet, daß ein Werkzeugwechsel im Pickup-Verfahren erfolgt.

56. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 55, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1, 2, 34, 46) mit mindestens einem Werkzeugwechsler (58) versehen ist.

57. Vorrichtung nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkzeugwechsler (58) um eine parallel zur Vorschubachse (Z) der Arbeitsspindel (8) liegende Achse (59) schwenkbar ist.

58. Vorrichtung nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkzeugwechsler (58) um eine unter 45° zur Vorschubachse (Z) der Arbeitsspindel (8) liegende Achse (59) schwenkbar ist.

59. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 58, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Werkzeugmagazin und Werkzeugwechsler eine Verlagerungsbewegung (linear, rotatorisch, bahngesteuert) vorgesehen

ist, die das Werkzeug in eine Bereitstellungsposition bringt.

60. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 59, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich neben der Vorrichtung (1, 2, 34, 46) mindestens eine Ladeeinrichtung (18) für die Werkstücke (9) vorgesehen ist.

61. Vorrichtung nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladeeinrichtung (18) die Werkstückträger (15) in der Maschine belädt bzw. entlädt.

62. Vorrichtung nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladeeinrichtung (18) die Werkstückträger (15) außerhalb der Maschine belädt bzw. entlädt.

63. Vorrichtung nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß der Transportraum der Ladeeinrichtung (18) oberhalb des Werkstückträgers (15) liegt.

64. Vorrichtung nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß der Transportraum der Ladeeinrichtung (18) in Höhe des Werkstückträgers (15) liegt.

65. Vorrichtung nach Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladeeinrichtung (18) mit jeweils zwei Greifarmen für die Be- und Entladung ausgerüstet ist.

66. Vorrichtung nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifarme Werkstücke (9) zwischen einem Bereitstellungsplatz (67) und dem Werkstückträger (15) transportieren.

67. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 66, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) mit mindestens einem Palettenwechsler (27) versehen ist.

68. Vorrichtung nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß der Palettenwechsler (27) mit jeweils zwei Greifarmen für die Be- und Entladung ausgerüstet ist.

69. Vorrichtung nach Anspruch 68, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifarme Werkstückpaletten zwischen Bereitstellungsplatz (67) und Werkstückträger (15) transportieren.

70. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 69, dadurch gekennzeichnet, daß die Achse eines Werkstück-Rüstplatzes und die Drehachse des Werkstückträgers (15) achsparallel verlaufen.

71. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen von Werkstück-Rüstplatz und Bearbeitungsposition einerseits und die Drehachse des Werkstückträgers andererseits senkrecht zueinander verlaufen.

72. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 71, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstücktransport zwischen den Arbeitsspindeln (8) der einzelnen Vorrichtungen durch eine automatische Transporteinrichtung, z. B. eine Schubstange, eine Kette oder Lift-and-Carry, erfolgt.

73. Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (9) abwechselnd durch je ein Werkzeug (6) von wenigstens zwei Arbeitsspindeln bearbeitet wird.

74. Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Werkzeuge (6) gleichzeitig zwei gleiche Werkstücke (9) bearbeiten.

75. Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Werkzeuge (6) gleichzeitig zwei unterschiedliche Werkstücke (9) bearbeiten.

76. Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken unter

Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (9) durch flexible Ladeeinrichtungen in die Arbeitsstationen transportiert wird.

77. Verfahren nach Anspruch 76, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstücke (9) von einer Beladestation (38) über eine oder mehrere Bearbeitungsstationen zu einer Entladestation (44) gefördert werden. 5

78. Verfahren nach Anspruch 76, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück (9) von Arbeitsstation zu 10 Arbeitsstation weitergetaktet wird.

79. Verfahren nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeuge (6) einander ergänzende Bearbeitungen am Werkstück (9) vornehmen.

80. Verfahren nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsspindeln jeweils die Komplettbearbeitung an einem oder mehreren Werkstücken ausführen oder jeweils nur sich ergänzende Teilbearbeitungen ausführen. 15

20

Hierzu 26 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

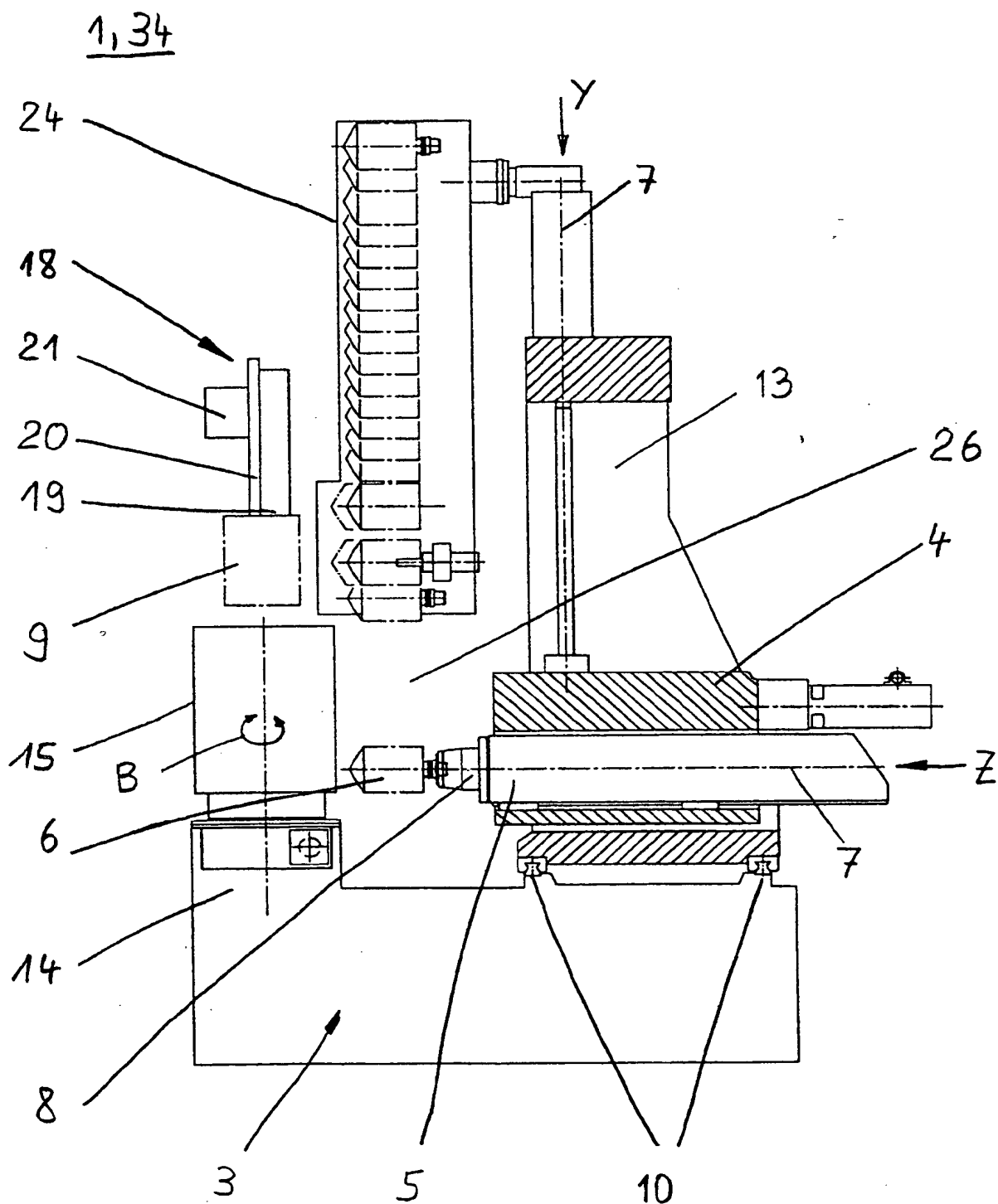


Fig. 1

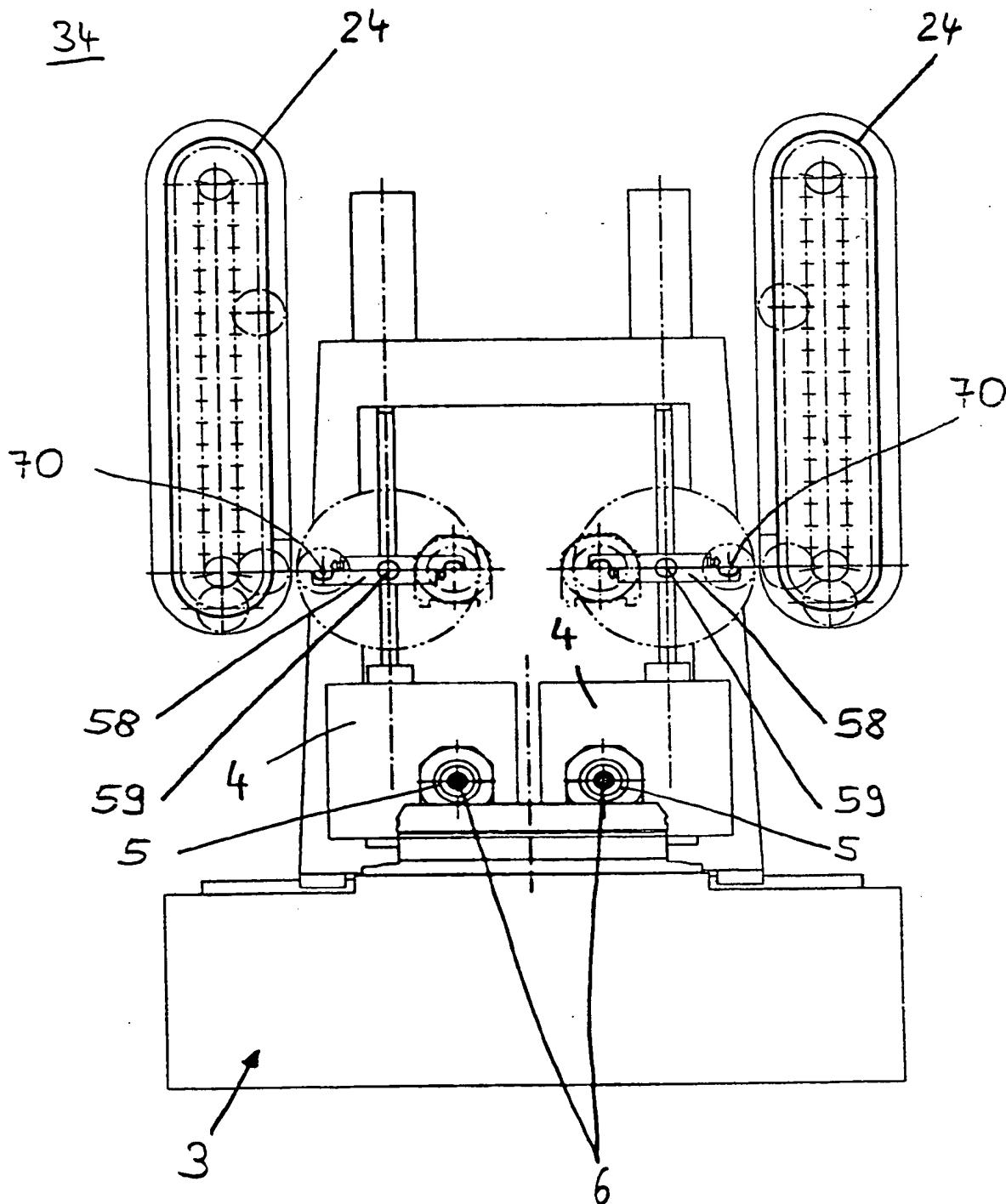


Fig. 2

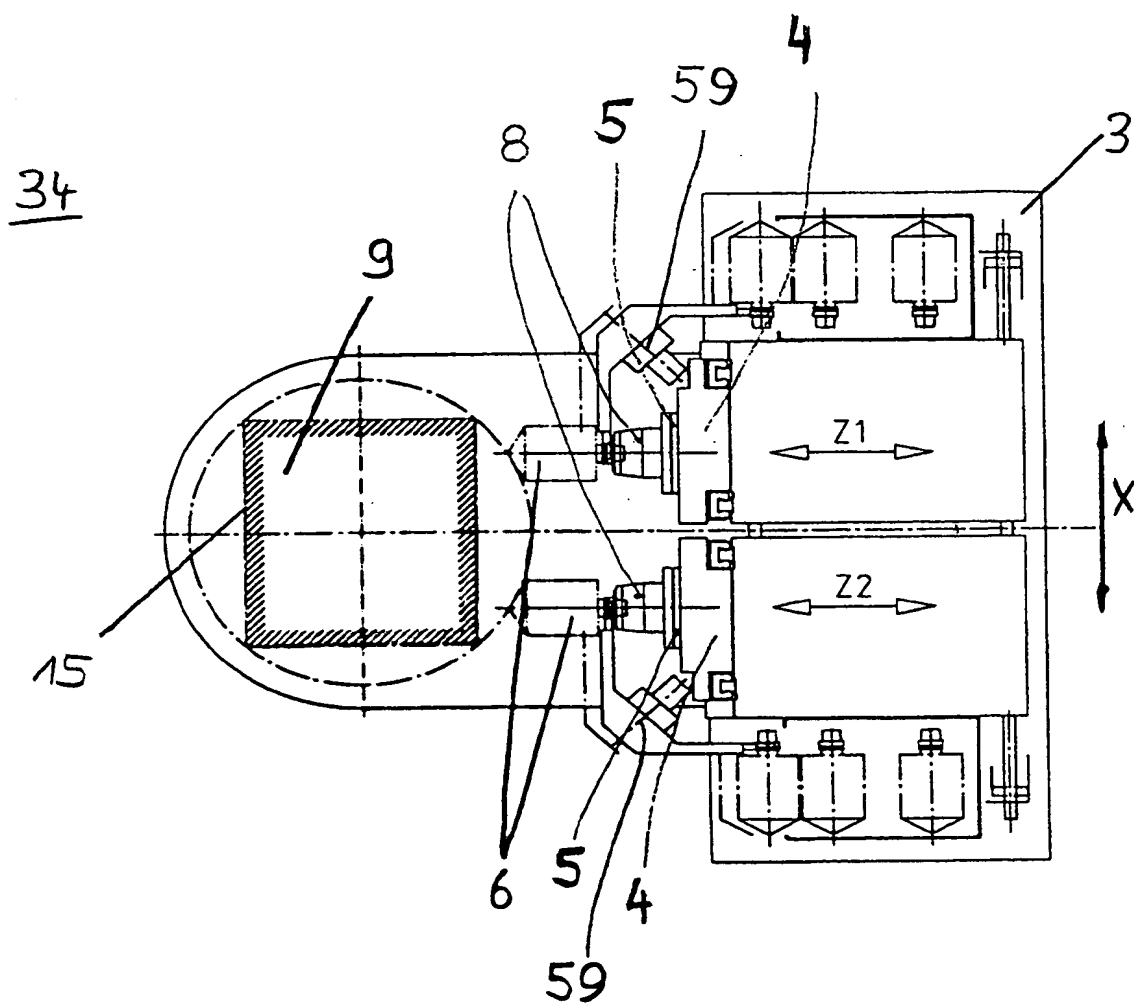


Fig. 3

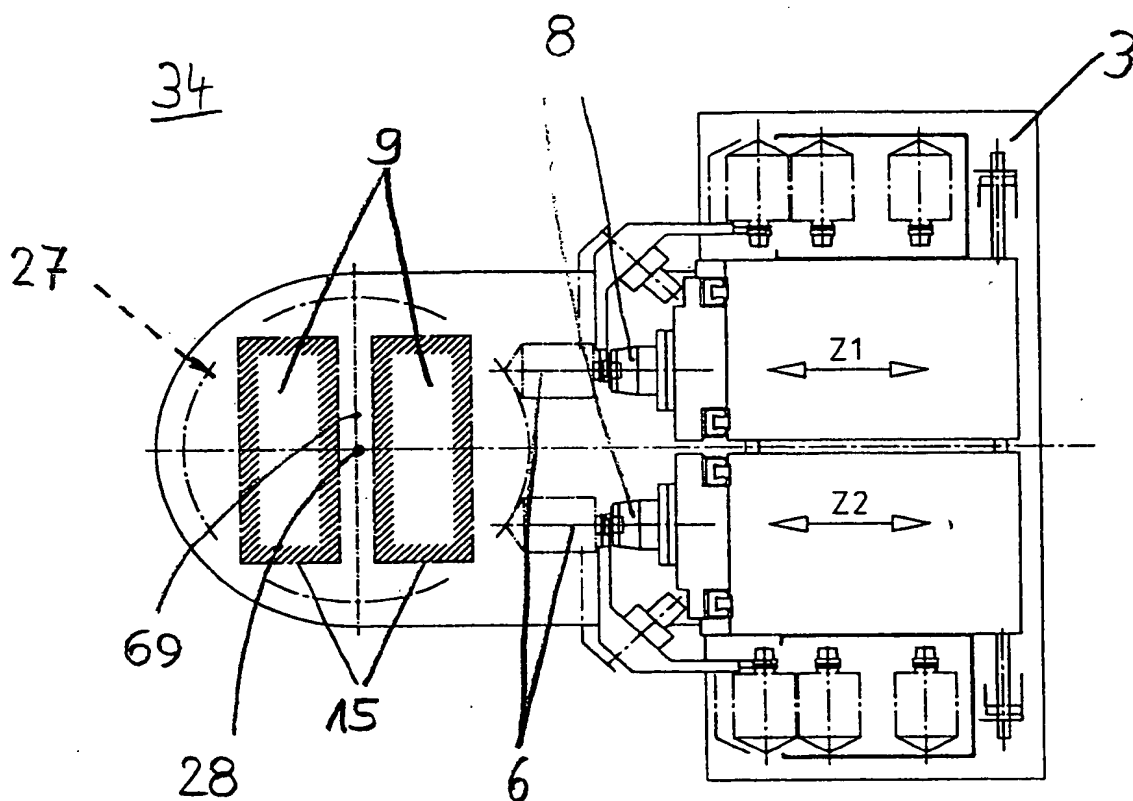
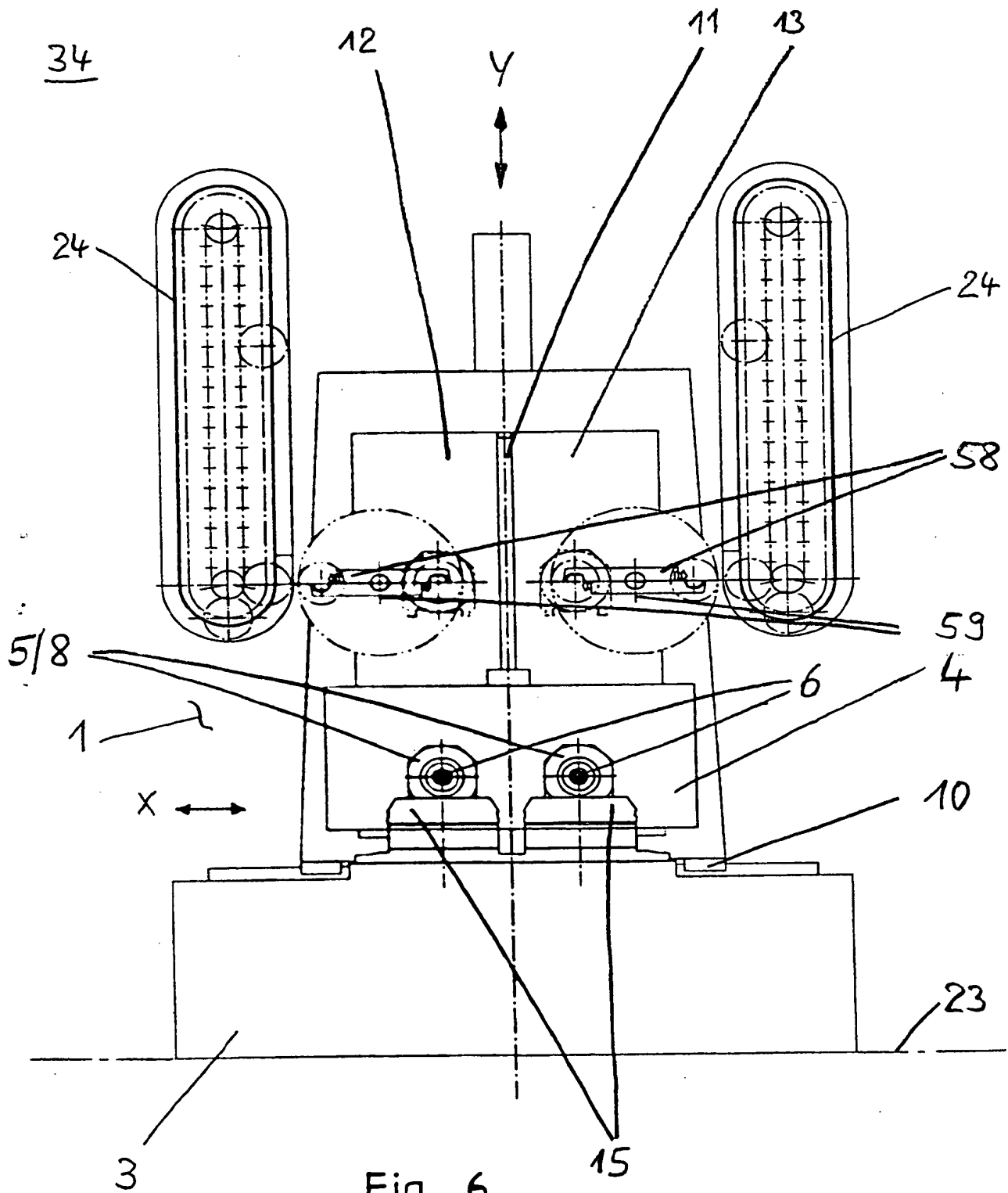


Fig. 4



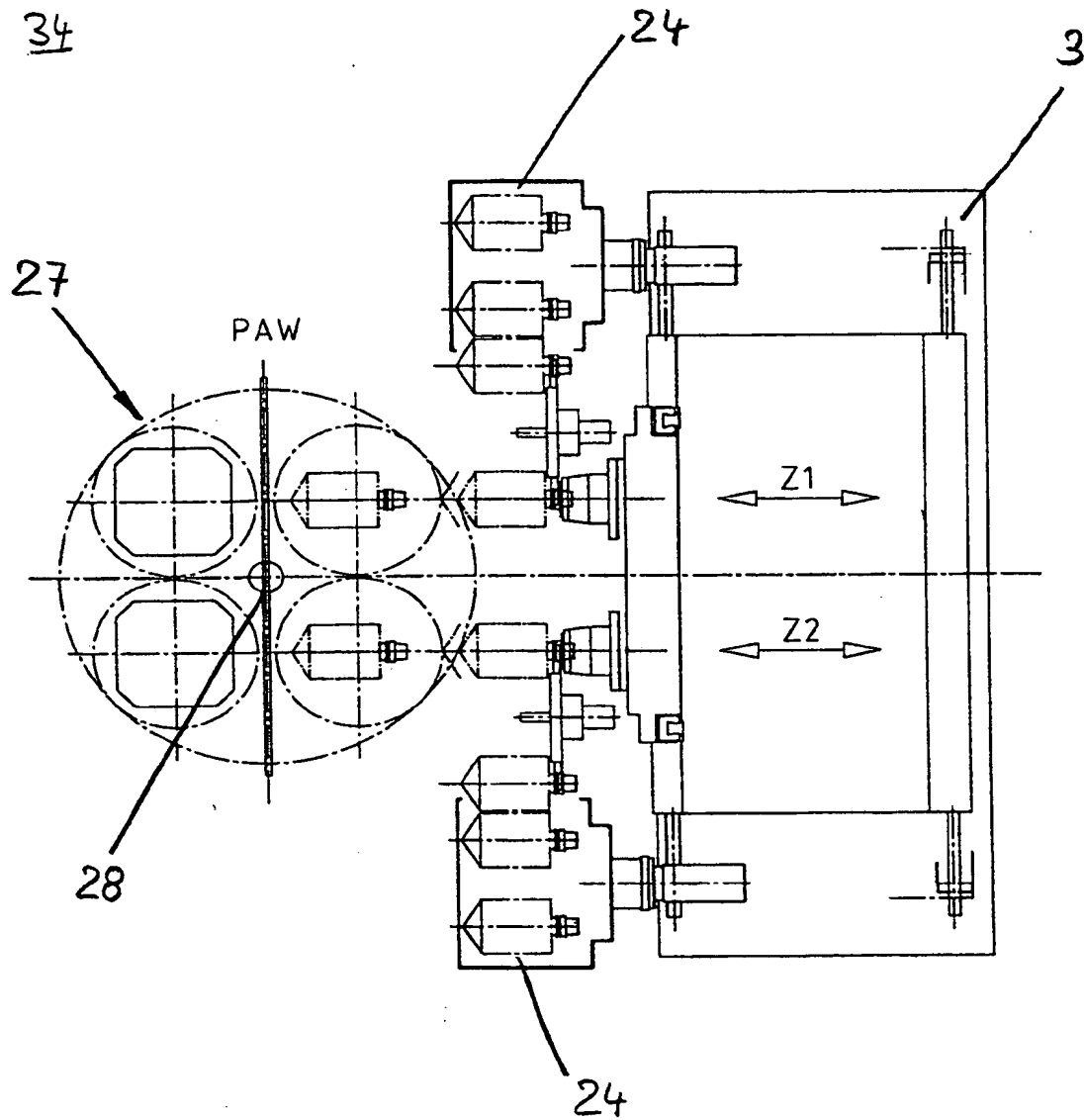


Fig. 7

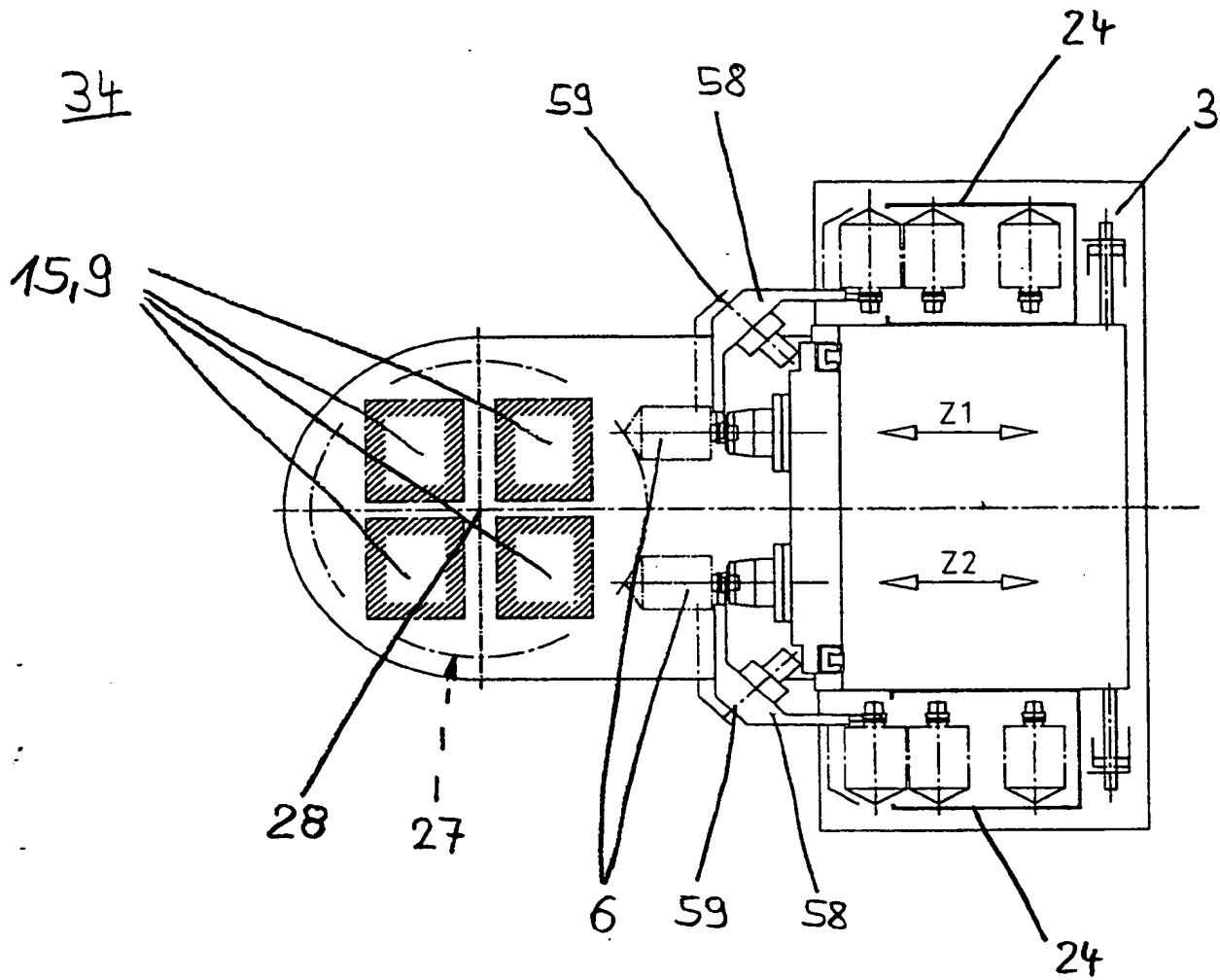


Fig. 8

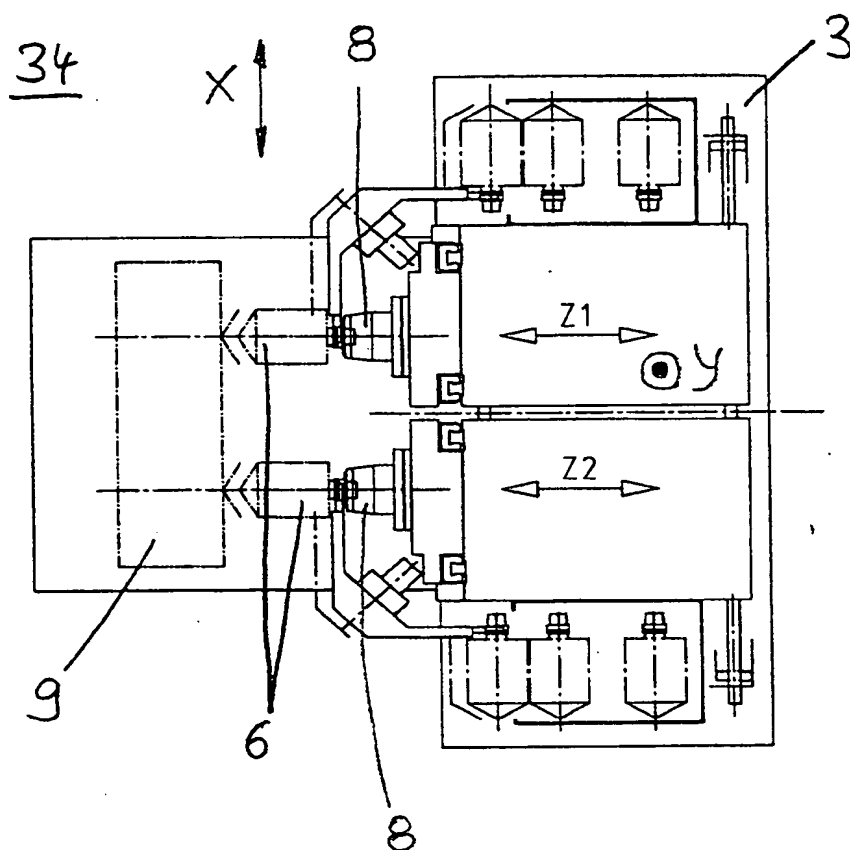


Fig. 9

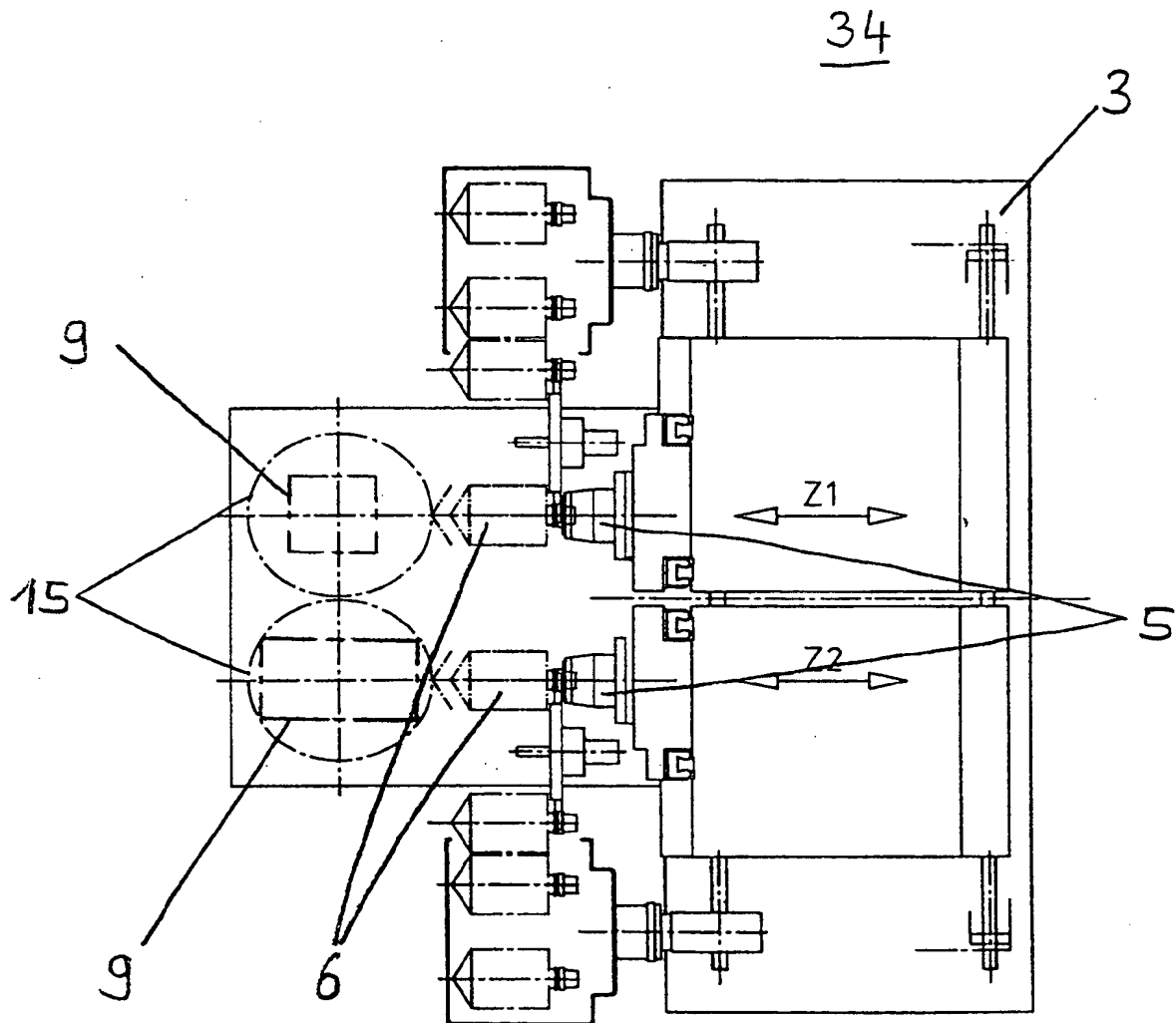


Fig. 10

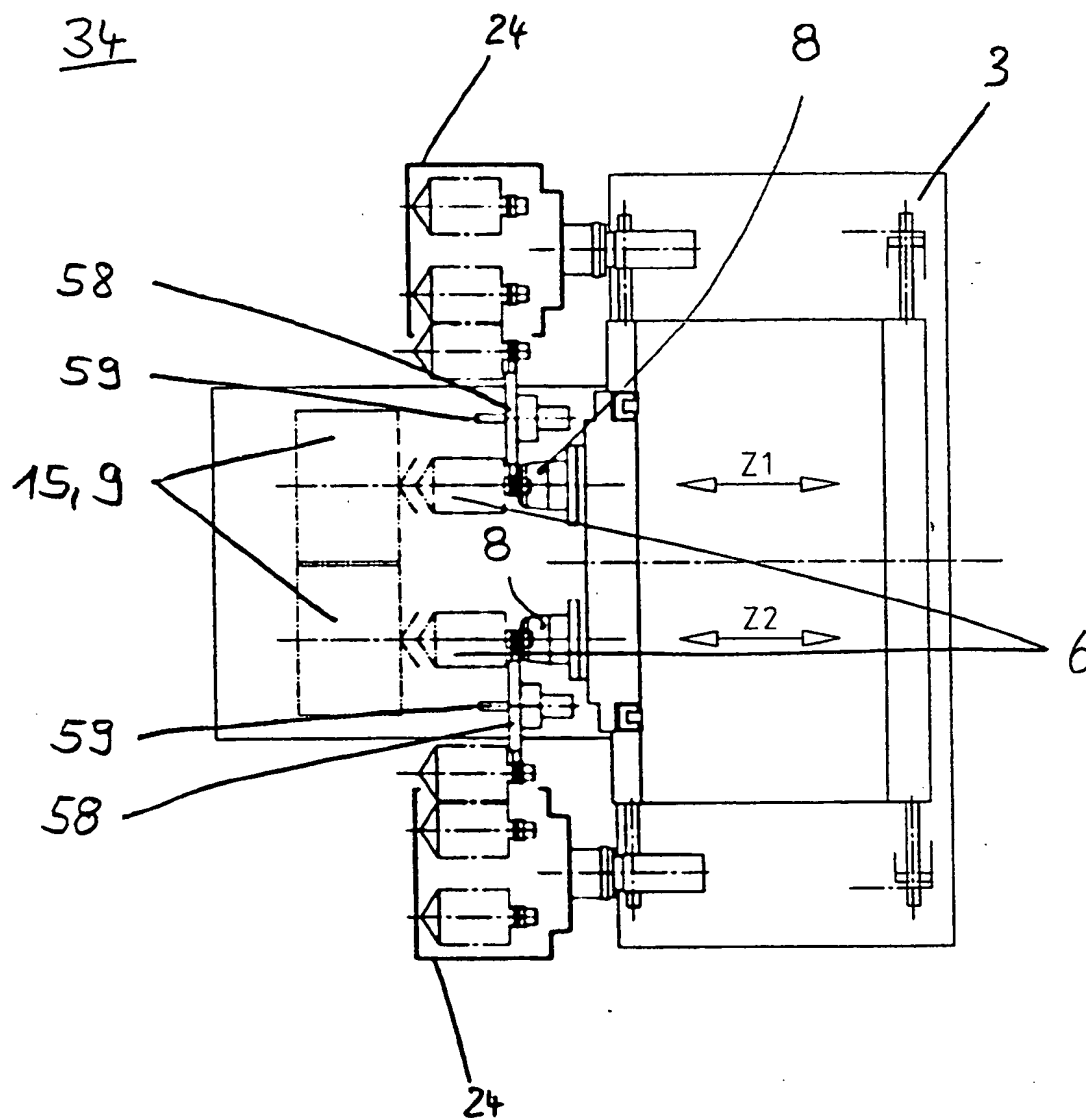


Fig. 11

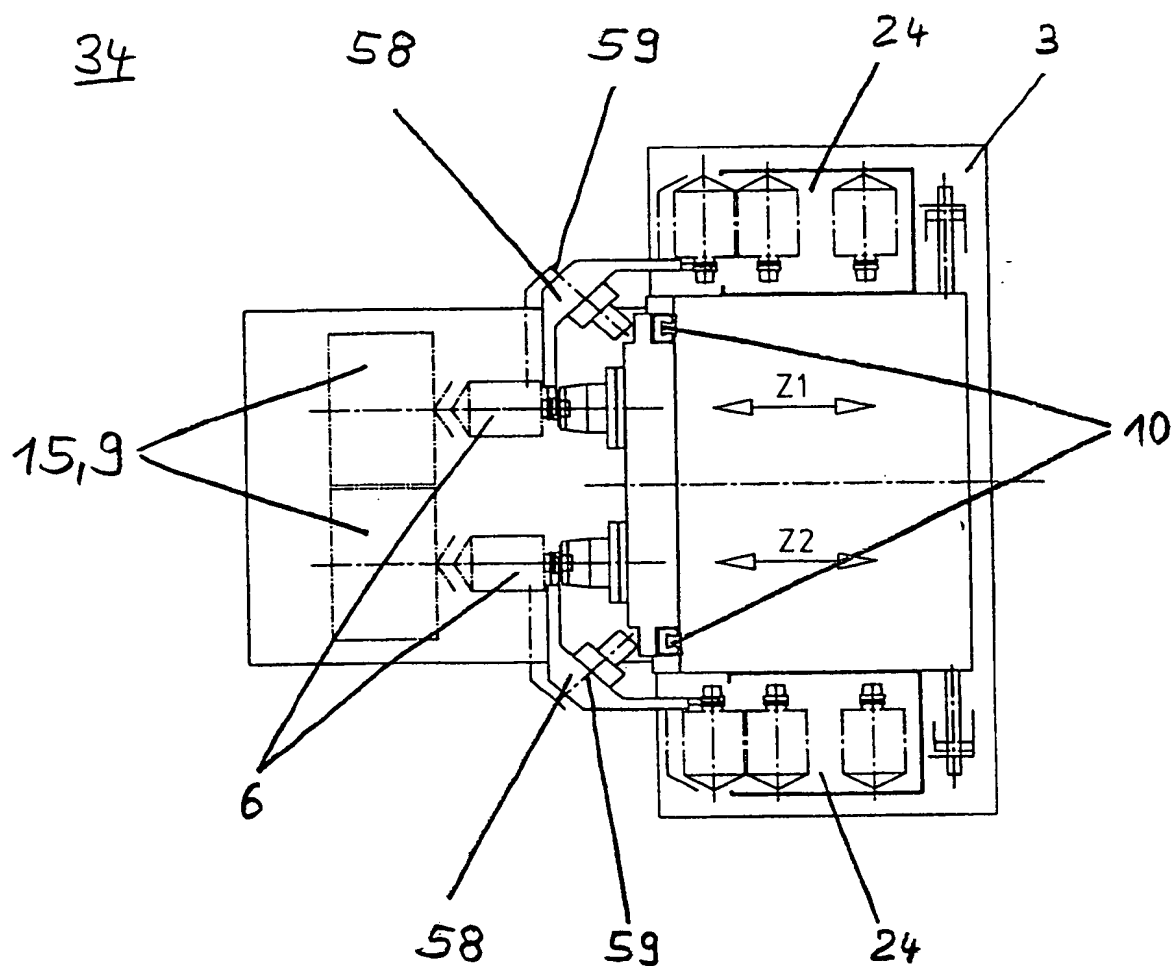


Fig. 12

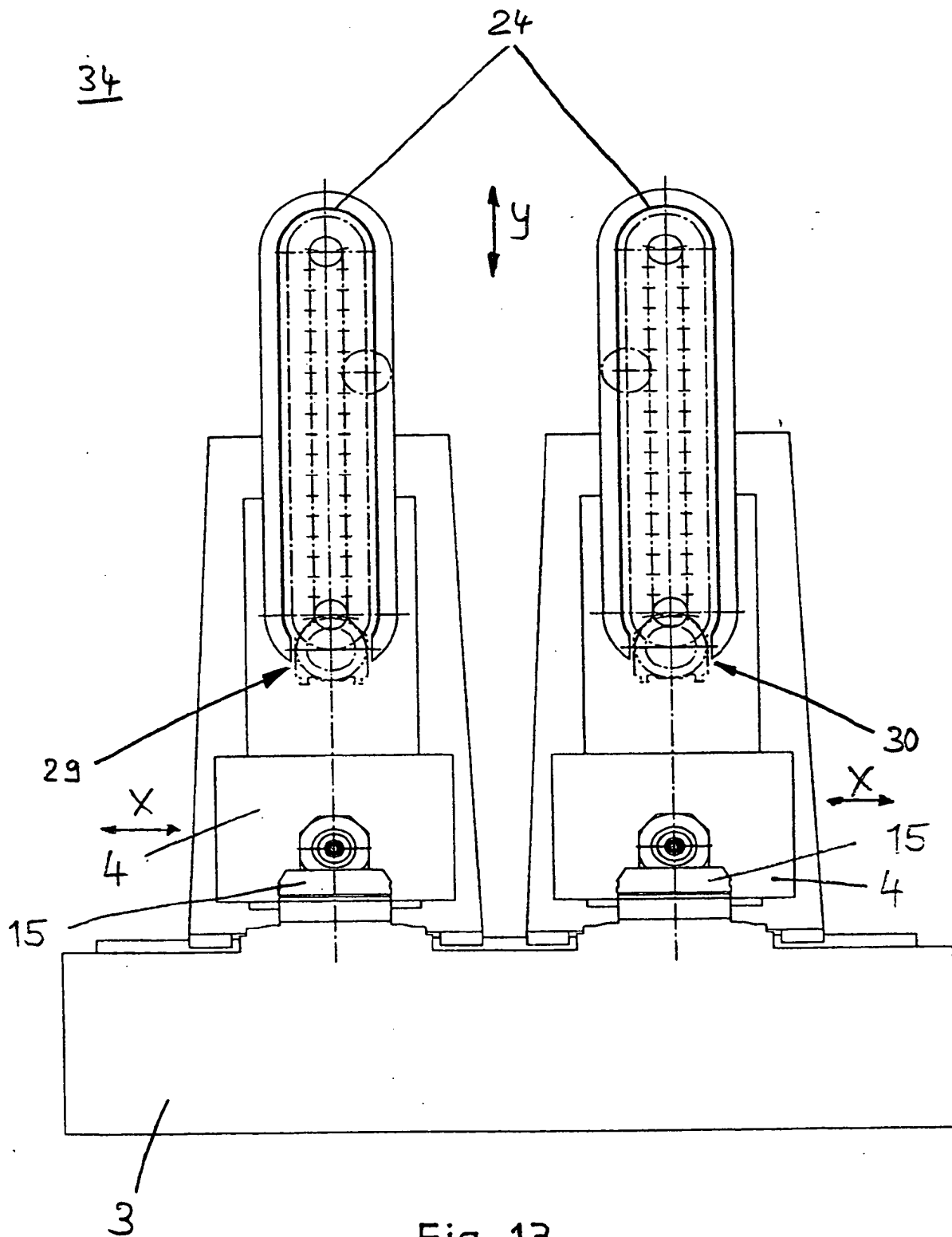


Fig. 13

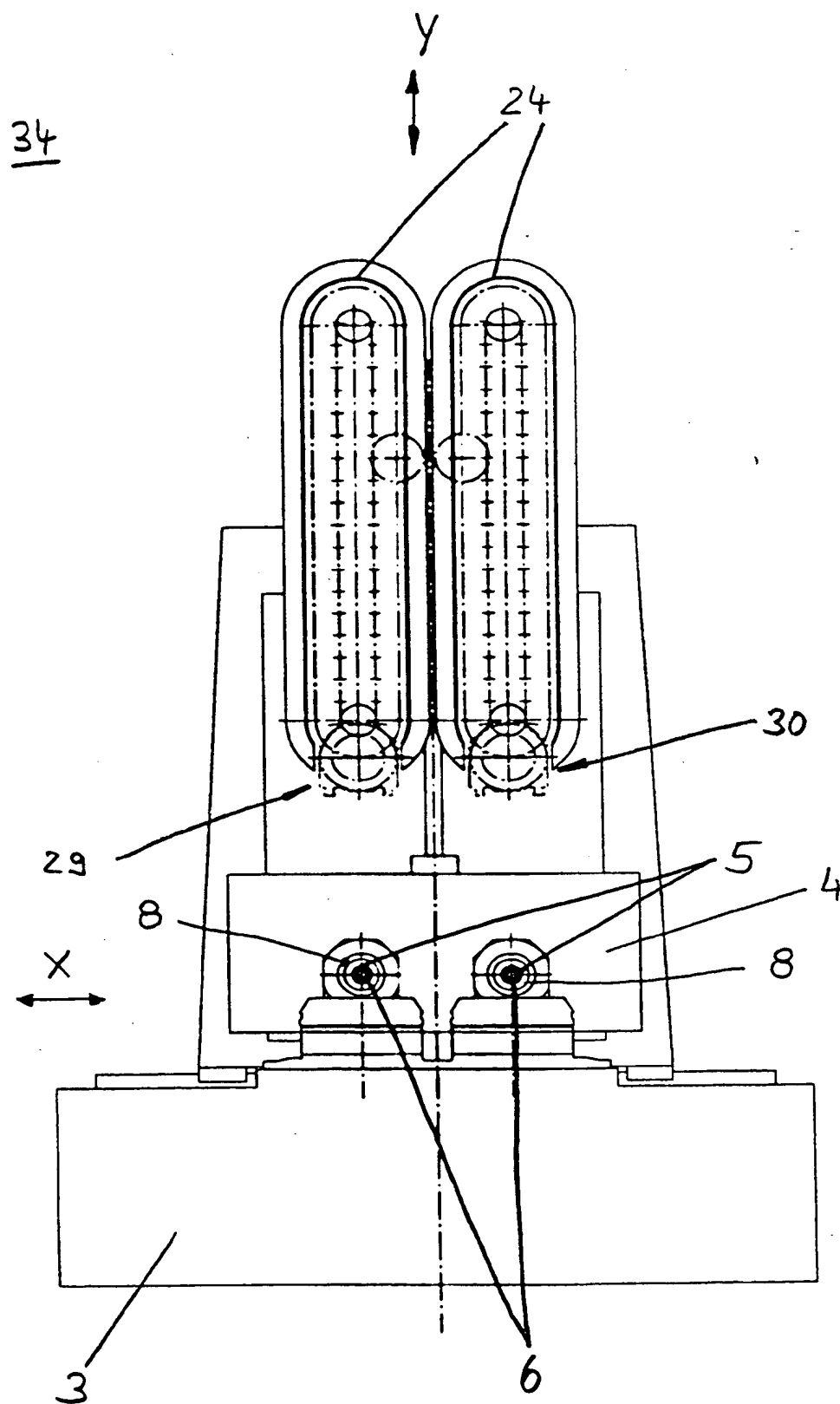


Fig. 14

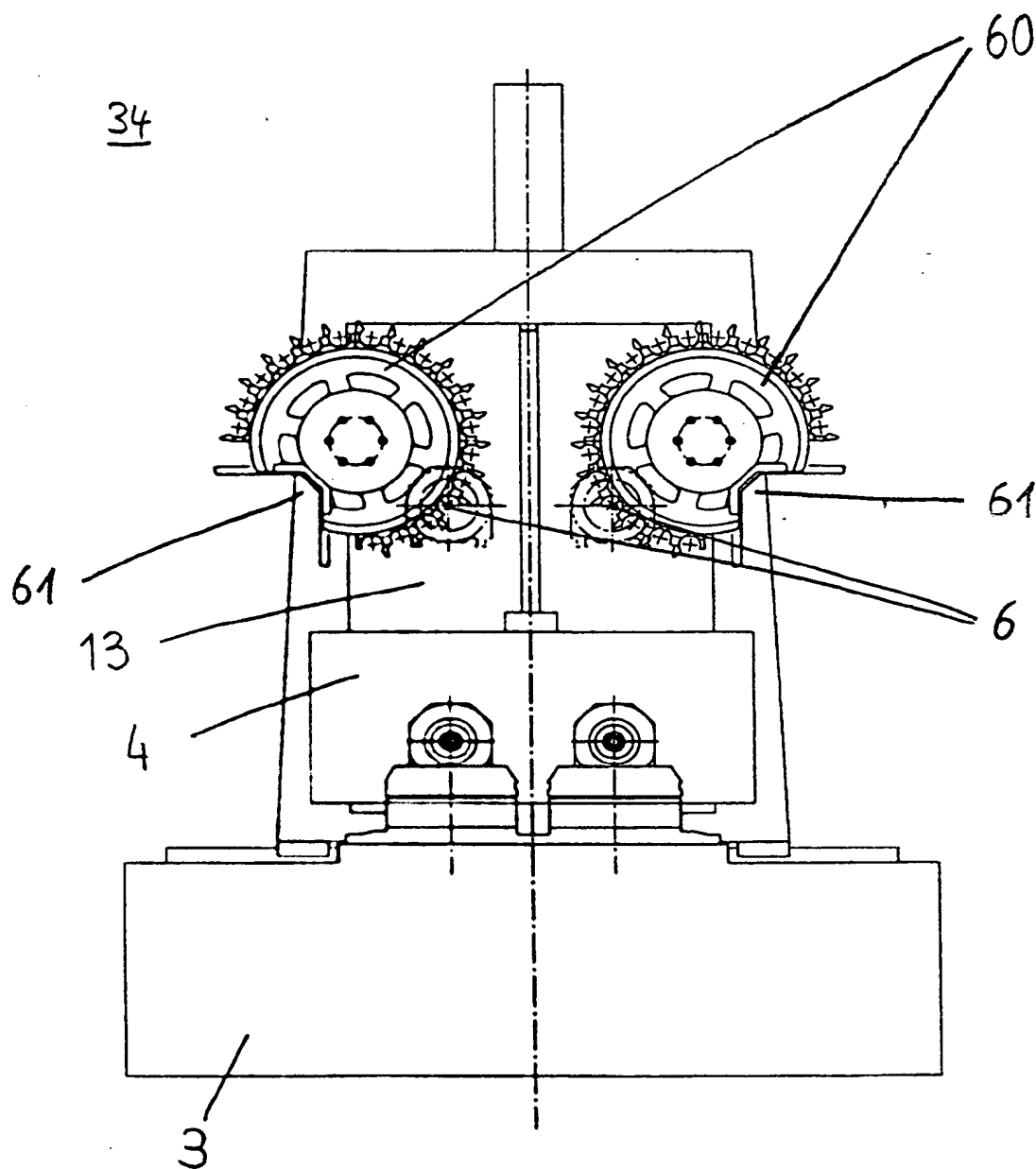


Fig. 15

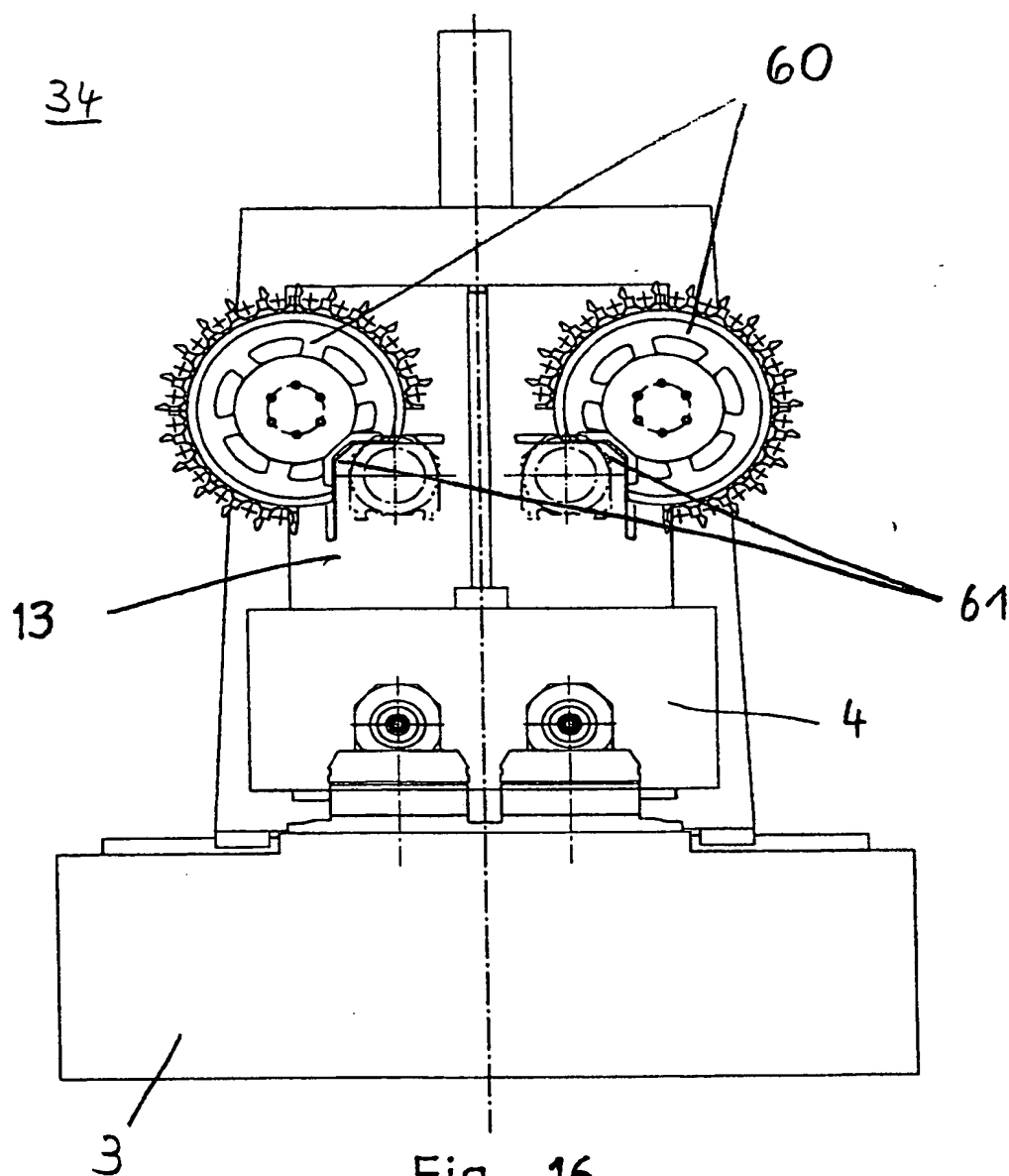


Fig. 16

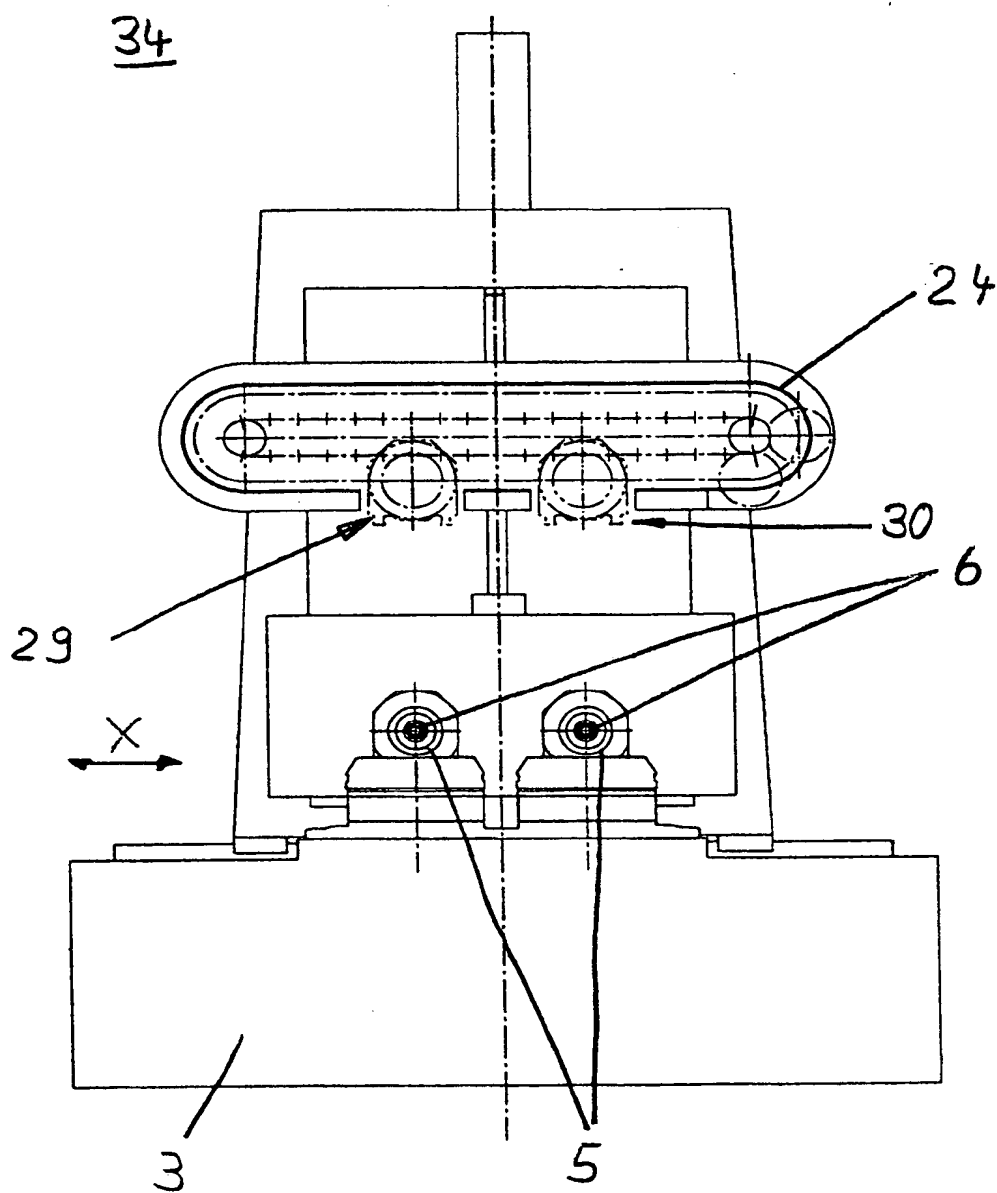


Fig. 17

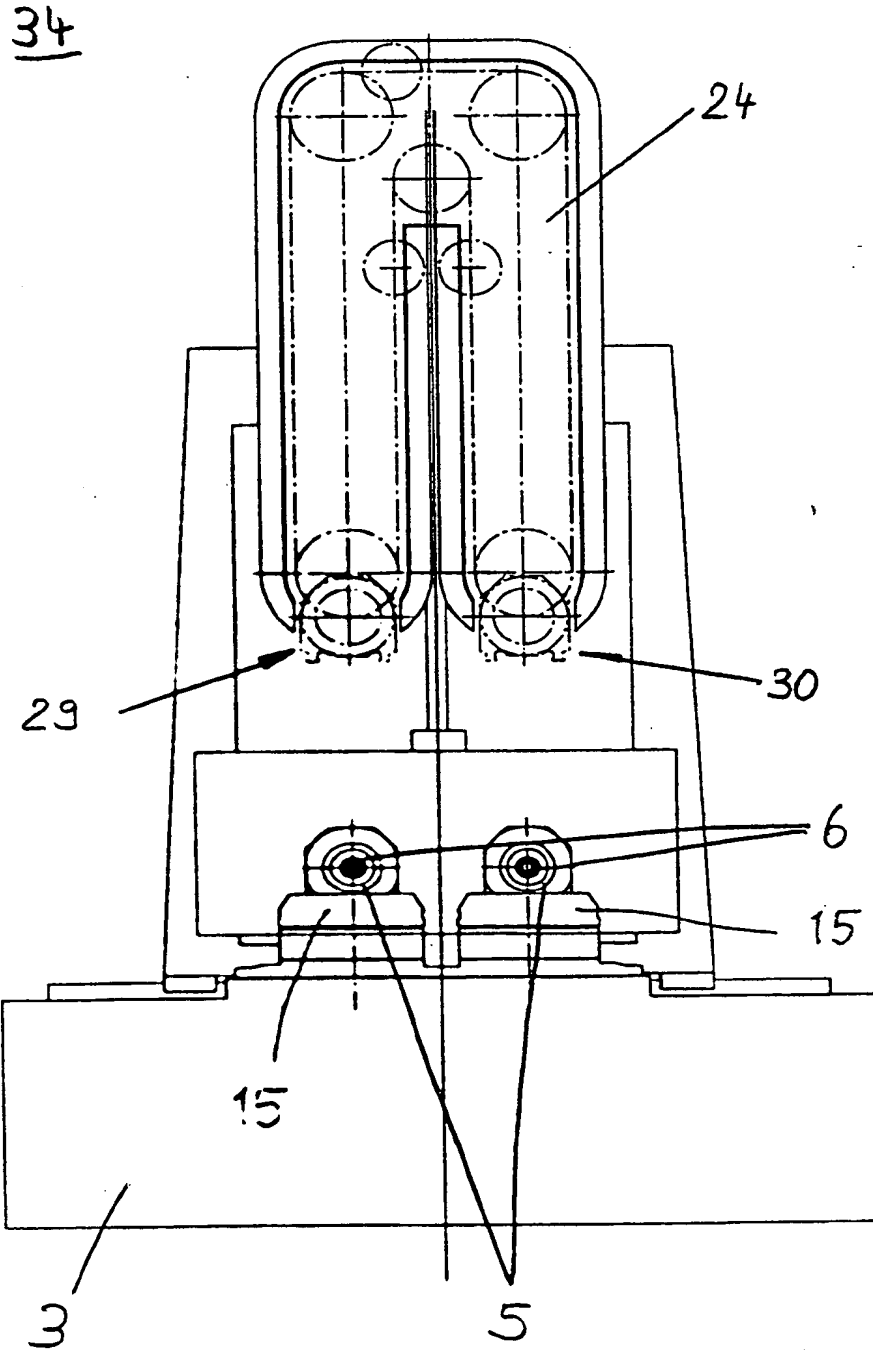
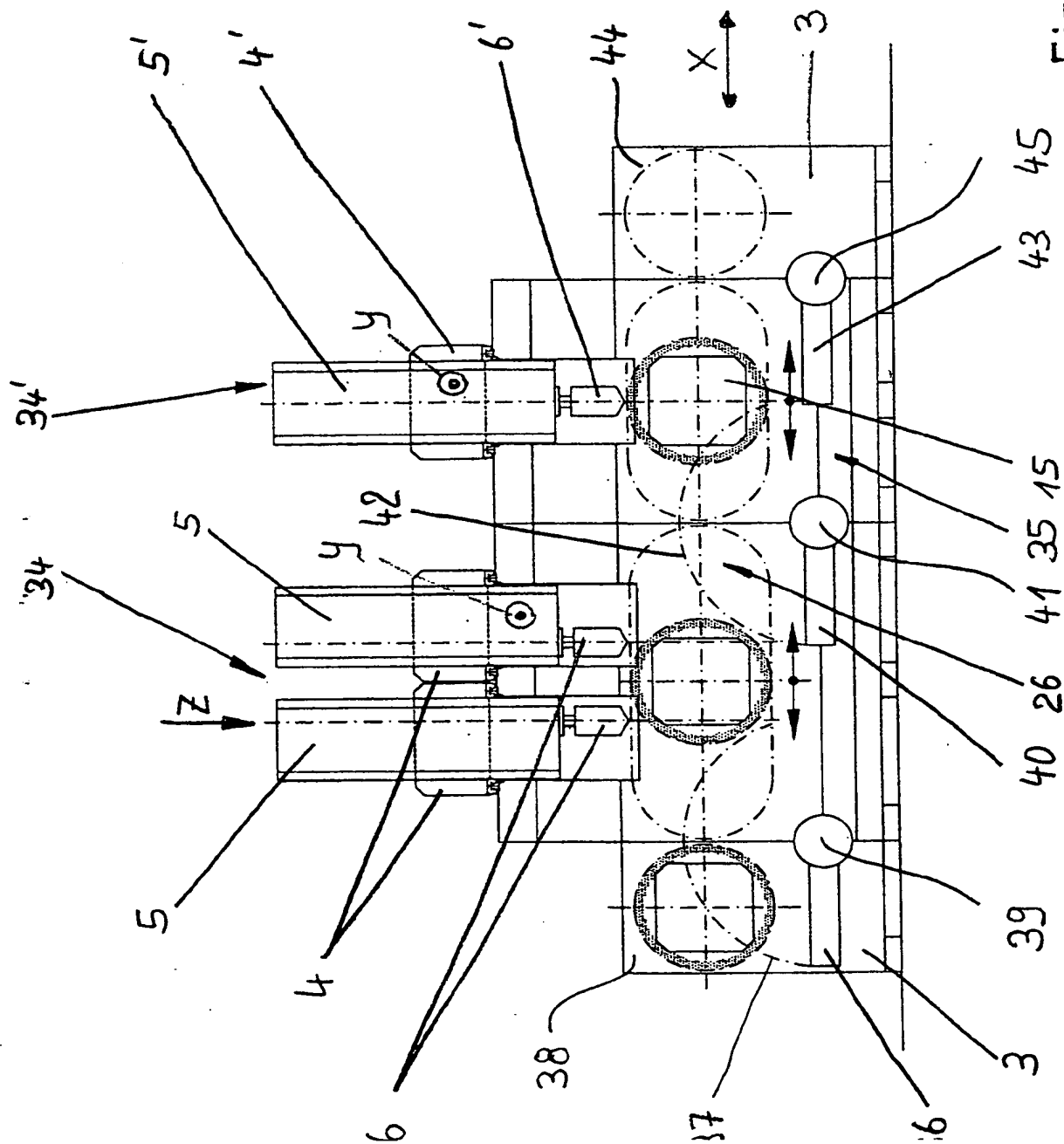


Fig. 18



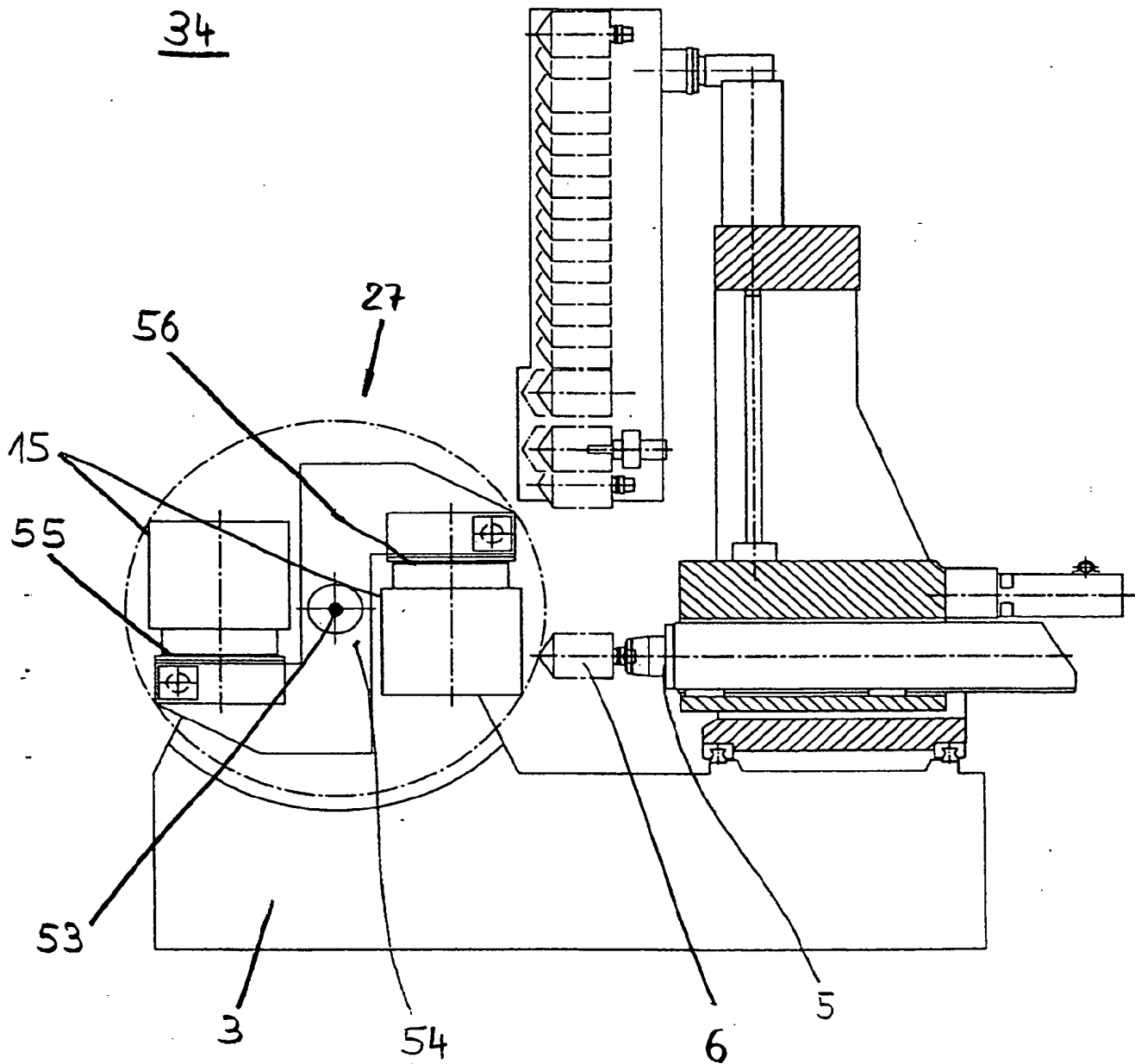


Fig. 20

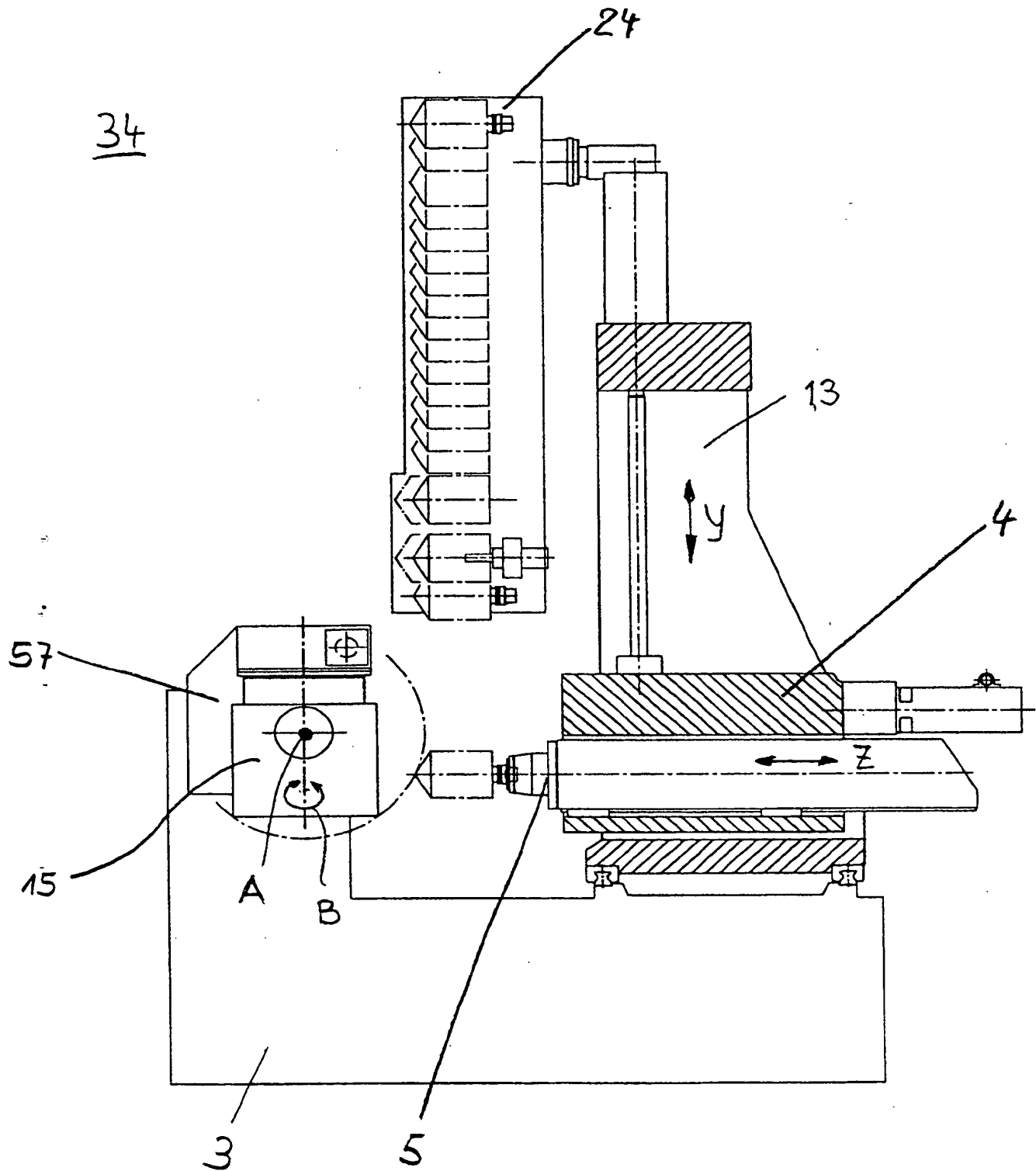


Fig. 21

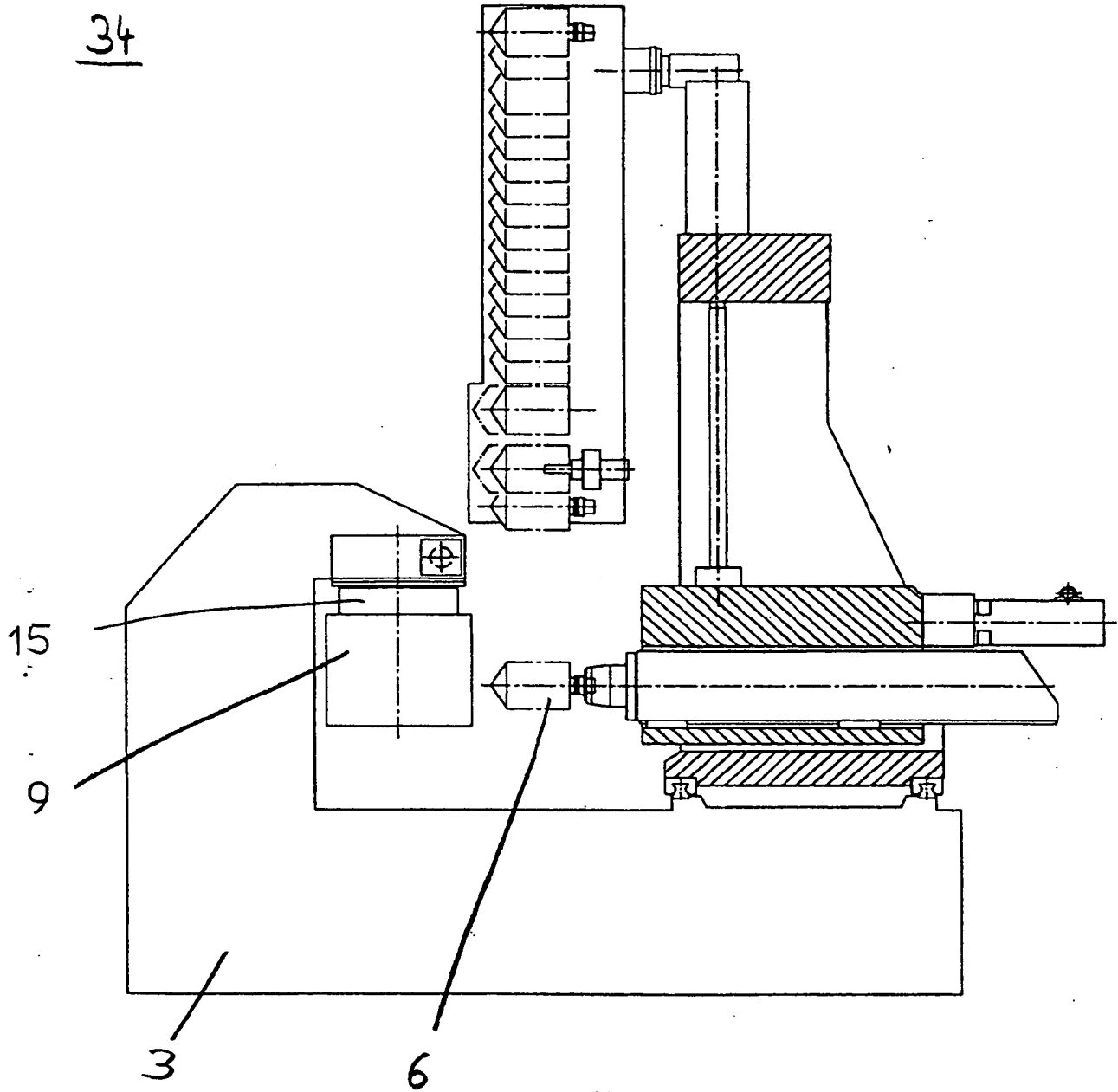


Fig. 22

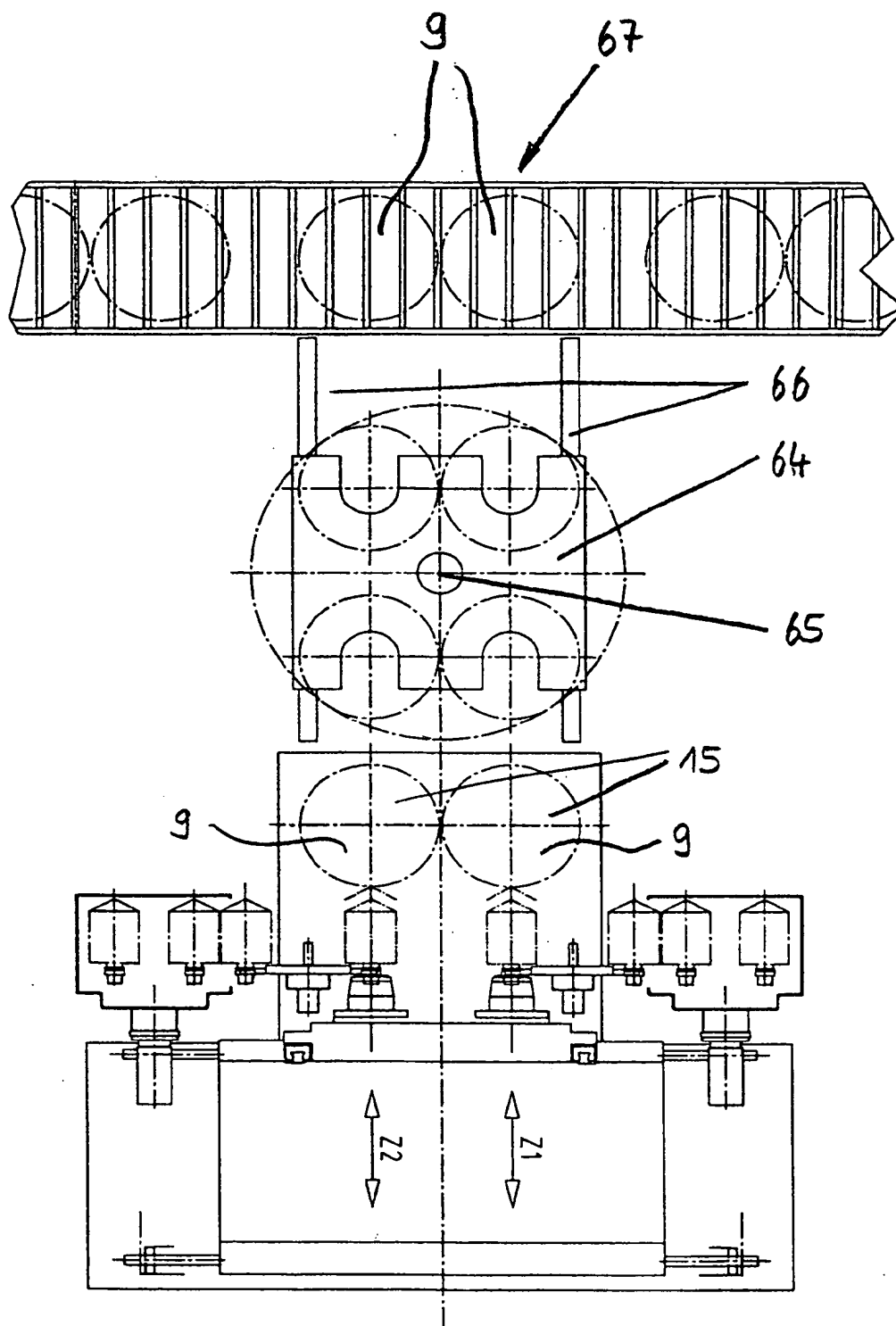


Fig. 23

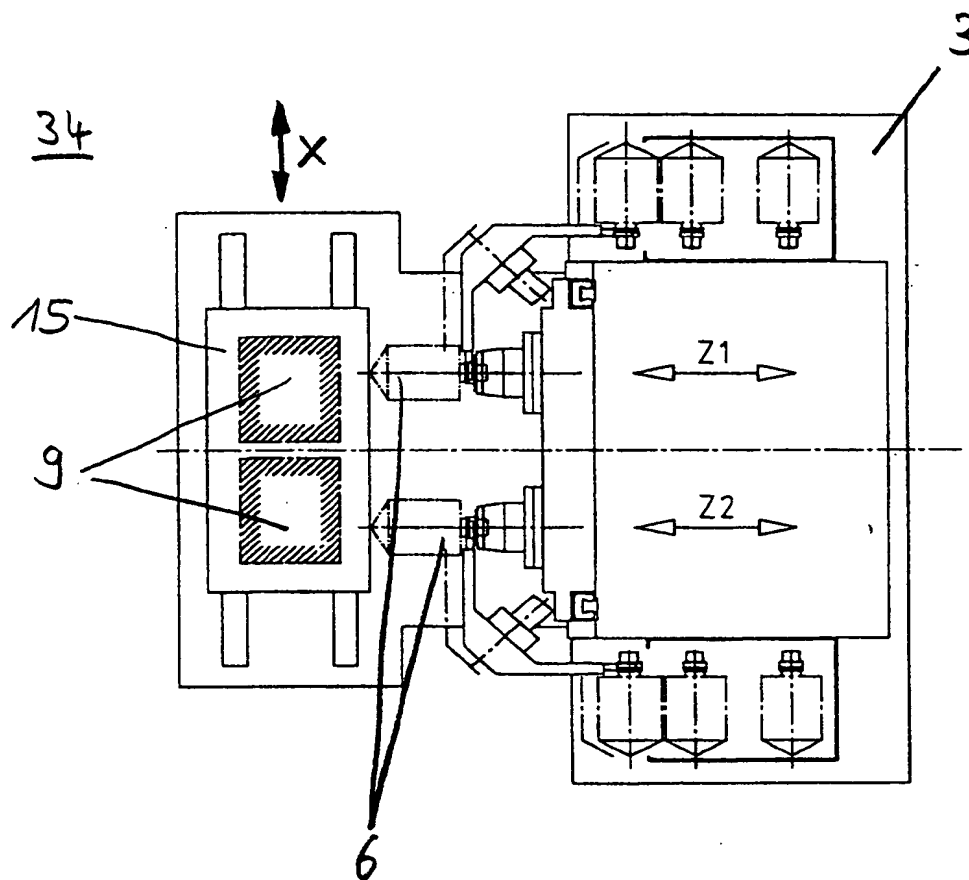


Fig. 24

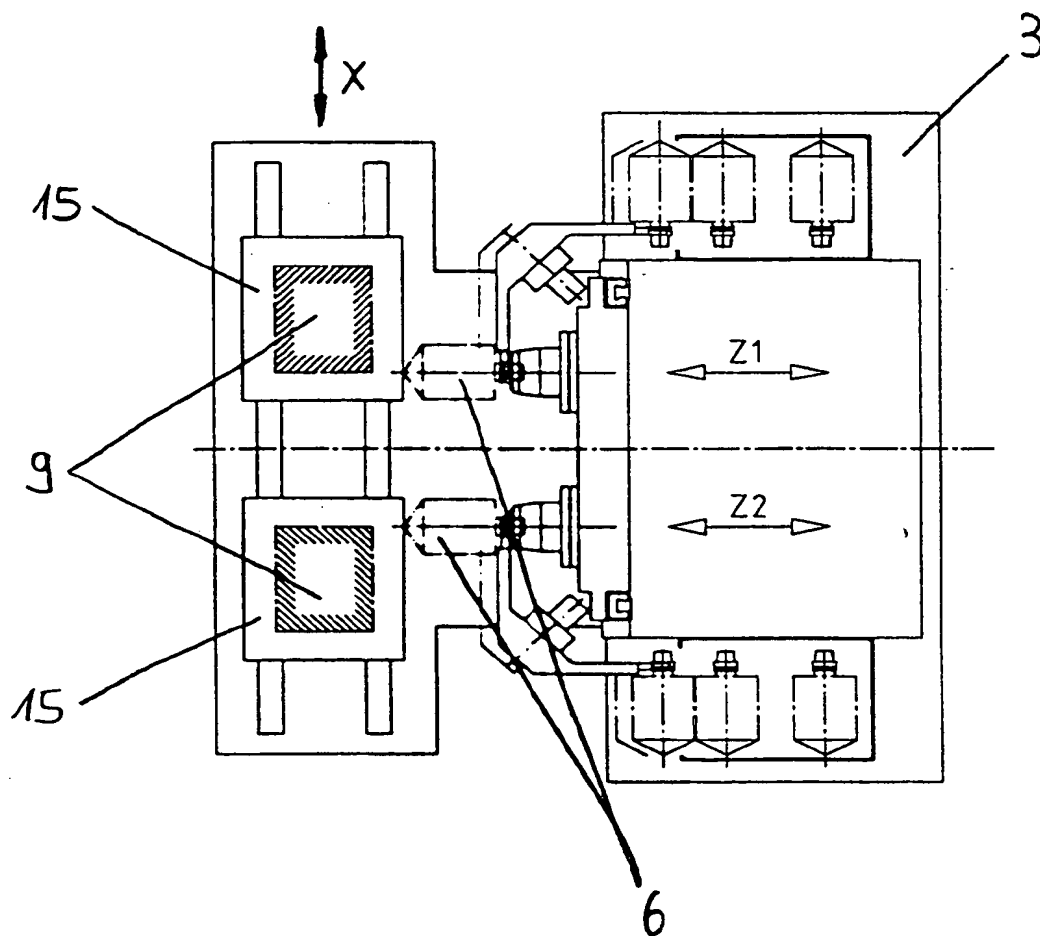


Fig. 25

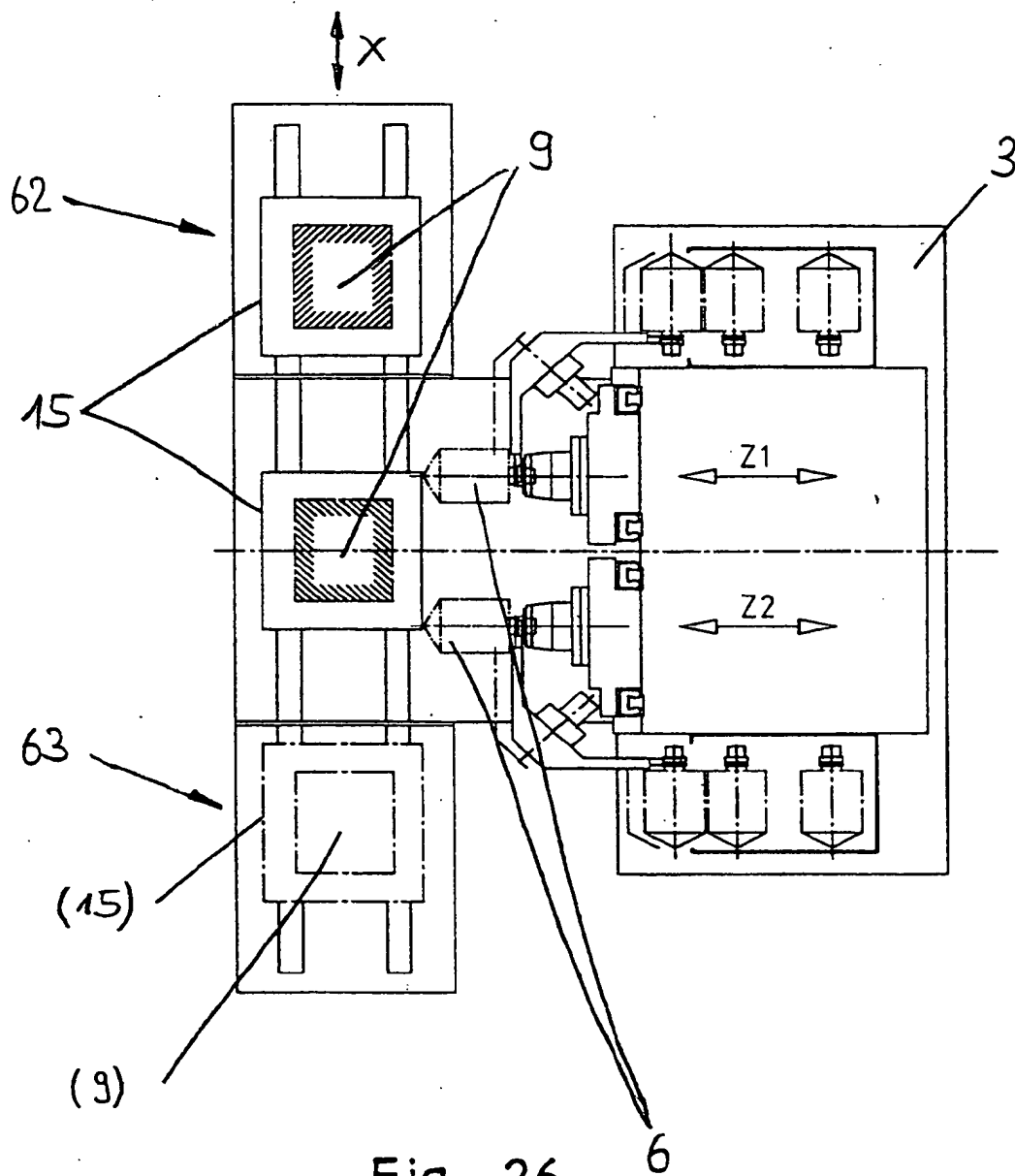


Fig. 26